ENCYCLOPÉDIE

POPULAIRE,

OU

LES SCIENCES, LES ARTS ET LES MÉTIERS,

MIS A LA PORTÉE DE TOUTES LES CLASSES.

L'instruction mène à la fortu
et conduit au bonheur.

Digitized by Google

Digitized by Google

616119

(1

TRAITÉ
DU CALORIQUE,

OU

DE LA NATURE, DES CAUSES,

ET DE L'ACTION DE LA CHALEUR;

Traduit de l'anglais,

REVU

PAR M. DESMAREST,

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

PARIS,

AUDOT, ÉDITEUR,

RUE DES MAÇONS-SORBONNE, N° 11.

1828.

IMPRIMERIE DE A. HENRY
RUE GIT-LE-COEUR, N° 8.

TRAITÉ

DU CALORIQUE,

OU

DE LA NATURE, DES CAUSES,

ET DE L'ACTION DE LA CHALEUR.

CHAPITRE PREMIER.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR L'ACTION DE LA CHALEUR, ET SUR SES RAPPORTS AVEC LA CHIMIE.

En quelque endroit que nous soyons sur la surface de la terre, nous y trouvons d'innombrables sujets d'admiration et de plaisir. Mais, quelle que soit la cause de nos jouissances ; qu'elles proviennent de la verdure qui pare la terre, de l'éclat des

eaux qui la parcourent, ou de la fraîcheur vivifiante de l'air qui nous environne, c'est à la bienfaisante action de la chaleur que nous en sommes redevables. Sans la présence et les effets de la chaleur, la terre ne serait qu'un rocher impénétrable, sur lequel la vie animale ou végétale serait impossible; les eaux et tous les liquides perdraient leur fluidité et leur mouvement; enfin l'air serait dépouillé de son élasticité et par conséquent de son utilité.

La chaleur anime, fortifie et embellit tout dans la nature. Son influence est absolument nécessaire à la croissance des plantes; c'est elle qui développe leurs fleurs et qui mûrit leurs fruits. Toutes les puissances de la vie en dépendent entièrement : car les êtres animés perdent leur vitalité dès que la chaleur les abandonne.

Telle est l'influence universelle de cet agent puissant sur tous les règnes de la nature; mais les arts ne lui doivent pas moins. C'est au moyen de la chaleur que l'on brise les rochers et qu'on obtient les trésors que recèlent les entrailles de la terre; par son action la matière est modifiée de mille manières différentes pour devenir propre à l'usage de l'homme; pour lui fournir des instrumens de travail et les superfluités du

luxe, des vêtemens chauds et élégans, des mets sains et délicieux, et un abri aussi sûr que commode.

L'accroissement de *température* (*) facilite, dans beaucoup de circonstances, les opérations de la chimie; mais principalement en augmentant la force d'attraction que les molécules des corps ont les unes pour les autres, et par conséquent en les rendant capables de se combiner. Dans beaucoup de cas, ces molécules resteraient en contact sans s'unir et sans former de composés, si l'on n'augmentait pas la température; mais la combinaison s'effectue avec rapidité, dès qu'une plus grande quantité de chaleur a augmenté l'attraction moléculaire.

Le mot *calorique* a été créé par Lavoisier pour distinguer la cause productrice de la *chaleur*, de la sensation à laquelle

---

(*) On désigne par cette expression le degré de chaleur qui règne dans un lieu ou dans un corps. La théorie du thermomètre, que nous allons expliquer un peu plus loin, fera comprendre suffisamment ce que l'on doit entendre par l'accroissement ou l'élévation de la température, ou par son abaissement.

(*Note du Traducteur.*)

nous donnons ce même nom ; mais les mots *calorique* et *fluide calorifique*, semblent impliquer la matérialité de la chaleur, propriété qui est loin d'être prouvée. On dit communément *la* chaleur *des rayons du soleil ;* et cette expression nous semble présenter une idée aussi juste et aussi claire que si l'on disait *le* calorique *des rayons du soleil ;* enfin elle est plus conforme à la manière ordinaire de parler. *La* chaleur *que nous éprouvons*, est encore une expression employée généralement pour désigner la sensation qu'on éprouve bien que, dans son acception primitive, ce mot signifiât la cause, quelle qu'elle soit, qui produit cette sensation. Depuis long-tems on a appliqué cette expression à la fois à la chaleur et à la sensation qu'elle produit ; elle est encore employée dans ces deux sens par un grand nombre de savans, sans qu'il en résulte aucune ambiguïté ou aucune confusion. Nous ne nous croyons donc pas obligé d'adopter exclusivement le mot *calorique*, bien que nous trouvions convenable de l'employer quelquefois (*).

(*) La seule raison plausible qu'aurait pu donner l'auteur anglais pour rejeter l'emploi

CHAPITRE II.

DE LA NATURE OU DE LA CAUSE DE LA CHALEUR.

Quiconque examine avec soin les phénomènes produits par les agens puissans qu'emploie la nature dans ses sublimes opérations, est bientôt convaincu que la cause primitive de ces phénomènes est encore inconnue malgré la persévérance des efforts et de la patience des savans, à toutes les

---

exclusif du mot *calorique*, comme désignant la cause de la chaleur, était, à notre avis, la nécessité de parler, autant que possible, un langage familier à la classe de lecteurs à laquelle la collection anglaise est destinée; et c'est justement l'argument qu'il oublie de faire valoir. Quant à nous, c'est à cette seule raison que nous nous sommes rendu, lorsque nous nous sommes décidé à suivre la marche annoncée par l'auteur anglais.

(*Note du Traducteur.*)

époques de la science. Cette assertion est strictement vraie par rapport à la chaleur ou au calorique.

En effet, il a été, jusqu'ici, impossible de déterminer si ces phénomènes sont produits par un fluide subtil, capable de pénétrer les corps, et d'en être dégagé, ou s'ils sont le résultat de mouvemens de vibration ou de rotation déterminés dans les molécules de la matière. Les argumens qu'on a apportés dans cette discussion et les expériences qu'on a faites à ce sujet, n'ont rien produit de décisif ou de concluant, bien qu'ils aient été variés de la manière la plus ingénieuse.

Pictet suspendit un thermomètre sous un récipient dans lequel il avait fait le vide; et, remarquant que ce thermomètre était affecté par les changemens de température, comme s'il eût été en plein air, il considéra ce phénomène comme une preuve de la matérialité de la chaleur, puisqu'elle était capable de pénétrer dans le vide, où rien, suivant lui, ne pouvait lui servir de conducteur.

Le comte de Rumford prouva le passage de la chaleur dans le *vide de Torricelli* (on nomme ainsi l'espace que laisse vide le mercure dans la partie supérieure d'un

tube de baromètre). Il plaça un thermomètre dans un vide de ce genre, et faisant varier la température de tout l'appareil, il reconnut que le thermomètre indiquait très-bien ces divers changemens. Il pensa que les vapeurs mercurielles qui se dégagent dans le vide du baromètre sont en trop petite quantité pour que leurs vibrations puissent transmettre la chaleur dans un tems aussi court que celui qu'employait le thermomètre pour indiquer le changement que subissait sa température. Il en conclut que le calorique était matériel, puisqu'il pouvait traverser le vide de Torricelli sans le secours d'aucun fluide élastique dont les vibrations pussent le transmettre.

L'argument le plus fort qu'on puisse employer en faveur de la matérialité de la chaleur, est son *rayonnement*. Lorsqu'un corps échauffé est exposé à l'air libre, une portion de sa chaleur l'abandonne graduellement, et traverse rapidement l'espace en lignes droites. Cette chaleur peut être réfléchie par des miroirs, concentrée par des lentilles, et produit toujours son effet sur les corps exposés à son influence.

De nombreux essais furent faits par Buffon, Roebuck et Whitehurst, pour s'as-

surer si les corps augmentaient de poids lorsqu'ils étaient échauffés ; mais leurs expériences n'eurent aucun résultat.

Le docteur Fordyce parvint à un résultat très-remarquable dans une expérience qu'il fit pour déterminer la pesanteur du *calorique latent*. Cette expérience est décrite dans le soixante-quinzième volume des *Transactions Philosophiques*. Il plaça dans un tube de verre de 2 pouces 10 lignes (77 mill.), un volume d'eau pesant environ 3 onces 4 gros 31 grains (108 grammes 8 décig.), et scella le tube hermétiquement. Le tout pesait alors 4 onces 4 gros et 1 demi grain (137 gram. 664 mill.); et sa température avait été abaissée à 0 au moyen d'un mélange frigorifique. Lorsque son poids eut été bien déterminé, le tube fut plongé, pendant vingt minutes, dans un nouveau mélange dont la puissance frigorifique était plus grande que celle du premier, jusqu'à ce que l'eau fût en partie gelée ; on l'essuya alors avec soin, on le pesa de nouveau, et l'on trouva qu'il pesait $^1/_{60}$ de grain de plus qu'auparavant. L'expérience fut répétée cinq fois, et plus l'eau était congelée, plus la totalité de l'appareil pesait.

On doit à Guyton-Morveau et à M. Chaus-

sier, des résultats analogues. Dans leurs expériences, l'eau devint constamment plus pesante à mesure qu'on la refroidissait. Dans l'une d'elles, deux livres d'acide sulfurique perdirent trois grains, en reprenant l'état liquide après avoir été congelées.

Si les résultats de ces expériences étaient rigoureusement prouvés, leur conséquence naturelle serait que les corps deviennent plus pesans à mesure qu'ils perdent de leur calorique, et plus légers lorsqu'ils se combinent avec lui.

Il est très-probable que des erreurs ont été commises dans ces diverses expériences, et qu'on a pu négliger de tenir compte du refroidissement d'une partie de l'air par l'eau congelée placée au-dessous d'un des plateaux de la balance; cette partie de l'air a dû nécessairement se trouver déplacée, puisqu'elle n'était pas à la même température que le reste de l'appartement; et le plateau a dû baisser. Au surplus d'autres savans ont tenté les mêmes expériences, sans obtenir les résultats annoncés par les docteurs Fordyce, Guyton-Morveau et M. Chaussier.

Fontana répéta l'expérience de l'acide sulfurique congelé, puis liquéfié, et ne

Digitized by Google

remarqua aucune différence dans le poids.

Lavoisier mit une livre d'eau dans un flacon de verre très-mince, et l'ayant hermétiquement scellé, il le pesa avec le plus grand soin, puis détermina la congélation de l'eau, en plongeant le flacon dans un mélange frigorifique ; mais le flacon pesait exactement le même poids, que son contenu fût solide ou liquide.

Dans une autre expérience, le même savant plaça une petite capsule, contenant six grains de phosphore, dans un flacon de verre très-fort, qu'il scella aussi hermétiquement. Il le pesa ensuite avec le plus grand soin, puis enflamma le phosphore, au moyen d'une lentille, aux rayons du soleil. Le poids de l'appareil ne varia nullement dans chacun de ces trois états, soit pendant la combustion du phosphore, soit lorsque le gaz qu'elle avait produit fut refroidi.

Une autre expérience, faite par le comte de Rumford, semblait confirmer les résultats annoncés par les docteurs Fordyce, Guyton-Morveau et M. Chaussier ; mais en variant cette expérience, il fut conduit à conclure différemment.

Il mit un poids égal d'eau et de mercure dans deux bouteilles de forme et de

poids parfaitement identiques, et les suspendit aux deux bras d'une balance très-délicate, jusqu'à ce que les deux liquides eussent acquis la température de l'appartement, qui était de 16 degrés $^1/_9$ centigrades. Il les soumit alors, pendant vingt-quatre heures, à l'influence d'une température de 1 degré $^1/_9$ sans aucun résultat, puisque le poids des deux liquides resta constamment le même; et, cependant, d'après la capacité respective de l'eau et du mercure pour le calorique, l'eau devait en avoir perdu beaucoup plus que le mercure.

En répétant cette expérience avec des bouteilles contenant différens liquides, il remarqua que la différence de température entre les deux bouteilles produisait, lorsqu'on les pesait, une différence apparente dans leurs poids; ce qu'il attribua à des courans verticaux produits dans l'atmosphère lorsque les bouteilles étaient échauffées ou refroidies, ou à d'inégales quantités d'humidité déposée à leur surface, ou enfin à ces deux causes réunies.

L'hypothèse, ou la supposition, qui considère le calorique comme un fluide matériel très-subtil dont les molécules se repoussent l'une l'autre, parait donner une

explication plausible de la plupart des phénomènes dépendant de la chaleur, tels que l'expansion ou la dilatation, la fusion et la vaporisation des corps ; si l'on attribue ces effets à l'interposition des molécules du calorique en quantité suffisante entre les molécules des corps.

En effet, il est naturel de supposer que, lorsqu'un corps augmente de volume, cette augmentation est produite par l'introduction, dans ce corps, des molécules d'une autre matière, au moyen desquelles les molécules du corps ainsi dilaté, sont écartées à une plus grande distance les unes des autres ; et cette répulsion devient si grande, lorsqu'une quantité considérable de chaleur a pénétré un corps solide, que ces molécules prennent la forme liquide et enfin la forme gazeuse, si la température continue à augmenter.

La communication de la chaleur d'un corps dans un autre, trouve également son explication dans l'hypothèse que les corps ont une force attractive pour le calorique. La même hypothèse explique les effets variés d'une égale quantité de chaleur sur différens corps en leur supposant une force d'attraction différente pour le calorique. Le froid occasioné par la conversion des

substances solides en liquides ou en fluides aériformes, ainsi que l'accroissement de température produit par la solidification des liquides ou la liquéfaction des gaz, reçoit encore une explication satisfaisante dans cette hypothèse : dans le premier cas, la matière de la chaleur ou le calorique est absorbée, et, dans le second, elle est mise en liberté.

Il y a cependant des phénomènes qui ne s'accordent pas parfaitement avec cette hypothèse : le haut degré de température produit par l'explosion de la poudre à canon, phénomène pendant lequel se développe une grande quantité de matière gazeuse ; la chaleur qui résulte de la décomposition du protoxide de chlore, bien qu'il prenne alors la forme gazeuse sous un volume considérable ; enfin la production de la chaleur par le frottement ou la percussion.

Le docteur Murray pense qu'il existe une grande analogie entre la manière ordinaire de produire le fluide électrique et la production de la chaleur par le frottement, enfin que le phénomène peut être expliqué par l'hypothèse dont nous venons de parler.

Suivant cet auteur, le frottement, la

percussion ou toute autre impulsion mécanique détermine un mouvement vibratoire ou d'oscillation dans les molécules des corps, qui doivent ainsi nécessairement s'approcher et s'éloigner alternativement les unes des autres : lorsquelles se rapprochent, les molécules du calorique qui sont interposées entr'elles, sont expulsées ; et, lorsqu'elles s'écartent, ce même calorique est de nouveau absorbé.

La portion de calorique que chaque vibration a mise en liberté, se développe ; et, suivant la théorie du docteur Murray, elle est remplacée par le calorique des autres corps avec lesquels celui sur lequel on opère est en contact ; parce que le calorique a la propriété de tendre avec énergie à s'établir en équilibre dans tout ce qui l'avoisine, de la même manière que l'électricité, développée par une machine électrique, est constamment remplacée par l'électricité du globe terrestre avec lequel cette machine est en contact.

Le calorique qui est développé d'une manière continue, élève la température de la substance soumise au frottement ou à la percussion ; phénomène qui présente beaucoup d'analogie avec la manière dont

se charge un conducteur auquel la machine électrique fournit constamment du fluide.

Berthollet a prouvé qu'il existe une parfaite relation entre la chaleur produite par la percussion, et la réduction ou la diminution de volume que les corps subissent dans cette opération.

Ce savant soumit au choc d'un balancier des pièces d'or, d'argent, de cuivre, et de fer de volumes parfaitement égaux ; il mesura la chaleur que produisait chaque coup, en jetant les pièces dans l'eau et en déterminant exactement la température que l'eau acquérait par ce moyen, il put reconnaître de combien la température de chaque pièce s'était élevée.

Le résultat de cette expérience aussi délicate qu'importante, fut que la chaleur produite était plus grande au premier coup qu'au second, et à celui-ci qu'au troisième, qui élevait à peine la température.

Voici le résultat de cette expérience pour deux pièces, l'une d'argent, l'autre de cuivre, et la température à laquelle chaque coup les élevait est indiquée en degrés du thermomètre centigrade. (Voyez plus loin, la construction et l'usage de cet instrument.)

Premier coup.

Première pièce.	9	60
Seconde pièce.	11	56

Deuxième coup.

Première pièce.	4	06
Seconde pièce	2	09

Troisième coup.

Première pièce.	1	06
Seconde pièce.	0	81

Les autres métaux donnèrent des résultats semblables.

Il paraît donc résulter de cette expérience que le degré de chaleur produit est toujours proportionnel au degré de condensation, ou à la densité qu'on donne au corps soumis au choc ou à la percussion. La pesanteur spécifique d'une pièce de cuivre était, avant le premier coup 8.8529, et après ce coup 8.8898; après le second coup elle était 8.9081. La pesanteur spécifique de l'argent, avant l'expérience, était

10.4667, et, après le troisième coup, 10.4838.

L'hypothèse qui paraît prévaloir aujourd'hui pour expliquer la cause de la chaleur, est de la considérer comme le résultat d'un mouvement produit entre les molécules des corps.

On attribue généralement cette théorie au chancelier Bâcon qui, ayant observé, dans beaucoup de circonstances, une certaine relation entre l'élévation de la température et l'accroissement de vitesse dans le mouvement, en conclut que le mouvement est toujours la cause de l'élévation de la température; ou, comme il le dit lui-même que « la chaleur est produite par un mouvement violent dans les parties intérieures des corps. » Cette hypothèse fut adoptée par Boyle et par Newton qui pensait que « la chaleur consiste en un très-petit mouvement vibratoire dans les molécules des corps; et que ce mouvement est communiqué à travers un vide apparent, par les ondulations d'un *milieu* (*) élastique très-subtil, dont l'action

(*) On donne ce nom, en physique, aux corps à travers lesquels d'autres corps peuvent

se lie également au phénomène de la lumière. »

La production de la chaleur au moyen du frottement, est un phénomène bien connu des hommes les moins civilisés. Ce phénomène a toujours été considéré comme le plus fort argument contre la matérialité de la chaleur, et, par conséquent, en faveur de la théorie des mouvemens vibratoires ou des ondulations.

Le comte de Rumford, qui avait observé l'élévation considérable de température produite pendant le forage des canons, pensa qu'on pourrait déterminer le degré de chaleur produit par le frottement, au moyen d'un procédé analogue.

Il choisit un canon qui n'était pas encore foré, et qui avait au-devant de son embouchure une forte pièce de métal de deux pieds environ de longueur, qu'on fond

---

se mouvoir. L'air, par exemple, est le milieu à travers lequel se meuvent les corps terrestres. Newton a donné, au *milieu* dont nous parlons ici, le nom de *milieu éthéré*. Il le considère comme beaucoup plus subtil que l'air, ce qui lui permet de passer librement à travers les pores de tous les autres milieux, et par conséquent de se répandre dans tous les corps.

(*Note du Traducteur.*)

ordinairement avec le canon pour assurer sa solidité. Ce morceau de métal fut foré isolément, et on lui donna la forme d'un cylindre creux, attaché au canon par un petit col.

Tout l'appareil fut bien enveloppé de flanelle ; puis on lui imprima un mouvement de rotation, au moyen d'un manége, et on appuya un foret d'acier émoussé contre le fond du cylindre.

La température de toute la masse métallique était, au commencement de l'opération, de 15 degrés $^5/_{10}$ T. C. (*) ; la force avec laquelle le foret émoussé pressait contre le cylindre, était estimée environ 10,000 livres, et la surface pressée par le foret était d'environ 2 pouces (14 cent. 65 mil.) carrés.

Le mouvement imprimé au cylindre produisit 960 tours dans une demi-heure après laquelle on le fit cesser, et l'on mesura l'élévation de la température en introduisant un thermomètre à mercure dans un trou percé latéralement dans le cylindre, pour

(*) T. C. signifie thermomètre centigrade. *Voyez*, pour l'intelligence de ces expressions, le chap. IV, qui contient la théorie des thermomètres.

en avoir la température moyenne qui fut trouvée de 54 degrés 4/9 T.C. La poussière métallique détachée par le frottement, formait à peu près la 590e partie du poids total du cylindre.

Le même savant varia son expérience de la manière suivante :

Il fixa un cylindre de cuivre jaune, en partie foré, dans une boîte contenant 18 livres (9 kil.) d'eau ; en prenant la précaution d'empêcher l'eau d'entrer dans le cylindre, au moyen de cuirs gras qui lui fermaient le passage.

Le foret fut mis en mouvement au moyen d'un manége, et faisait 32 tours par minute. La température, qui, au commencement de l'opération, était à 15 degrés 5/9 T.C, s'éleva en une heure à 41 degrés 6/9 T.C, et en deux heures et demie à celle de l'eau bouillante. Tout l'appareil, qui pesait 15 livres, fut élevé à la même température.

En estimant la quantité de chaleur produite dans cette expérience, le comte de Rumford trouva qu'elle était égale à celle qu'auraient fournie neuf bougies de 9 lignes de diamètre brûlant pendant le même espace de tems.

En recherchant la cause productrice de

la chaleur, dans cette expérience, on ne pouvait l'attribuer à aucune variation de capacité, puisque le trou du cylindre avait les mêmes dimensions que le métal qu'on en avait enlevé; l'air atmosphérique ayant été exclu de l'intérieur de la boîte pendant l'opération, la chaleur produite ne pouvait être attribuée à son intervention; l'eau employée n'avait éprouvé aucun changement chimique et ne pouvait avoir contribué à fournir aucune portion de la chaleur produite, non plus que les corps environnans qui, loin d'en donner, en auraient plutôt reçu.

Rumford considéra, comme prouvé par ses expériences, qu'on peut obtenir une chaleur illimitée en soumettant les métaux au frottement; il en conclut que ce que les corps isolés pouvaient produire sans bornes, ne pouvait être matériel, et pensa enfin qu'il était impossible d'expliquer un tel phénomène, au moyen d'une autre hypothèse que celle des mouvemens vibratoires des molécules des corps.

Boyle avait prouvé auparavant qu'on pouvait produire de la chaleur dans le vide: il avait obtenu ce résultat en faisant frotter l'une contre l'autre, au moyen d'un mécanisme convenable, deux pièces de cuivre

sous le récipient d'une machine pneumatique. Pictet prouva aussi la réalité de ce phénomène, et remarqua que l'introduction d'une substance douce, comme le coton, augmentait la chaleur; enfin il conjectura que l'électricité était pour quelque chose dans ce phénomène.

Sir Humphrey Davy fit également plusieurs expériences à ce sujet. Il isola, dans dans le vide, un mécanisme au moyen duquel il fit frotter l'un contre l'autre deux morceaux de glace qui s'échauffèrent assez pour se fondre.

La chaleur produite dans ce cas ne pouvait être due à aucune diminution de capacité pour le calorique, puisqu'il est certain que la fonte de la glace est due à ce que l'eau a une plus grande capacité pour le calorique que la glace. Il lui parut également démontré que le développement de la chaleur ne pouvait être attribué à l'air, et il tira de cette expérience la même conclusion que le comte de Rumford, c'est-à-dire que la chaleur est le résultat des vibrations moléculaires des corps.

Ayant ainsi mis sous les yeux de nos lecteurs le précis des hypothèses et des expériences les plus remarquables sur ce sujet, il ne sera peut-être pas inutile de

citer les opinions de deux savans qui pensent différemment sur cette matière, et de mettre ainsi en regard les argumens contradictoires que soulève cette question.

Le docteur Murray, dans son *Système de Chimie,* après avoir fait connaître l'hypothèse par laquelle on suppose que le calorique est matériel, s'exprime ainsi sur la théorie des mouvemens vibratoires :

« L'opinion opposée, celle qui considère le calorique comme du mouvement, si on l'envisage de la même manière, c'est-à-dire comme une hypothèse, ne donne pas une explication aussi satisfaisante de ces phénomènes. L'effet le plus général, produit par la présence du calorique, est l'expansion; mais si le calorique n'est que du mouvement ou une vibration des molécules des corps échauffés, comment cet effet est-il produit? La vibration est le rapprochement et l'écartement alternatif des molécules; mais il est évident que de ce fait il ne peut résulter un accroissement uniforme et permanent de volume. Il explique encore moins l'augmentation de volume qui accompagne la liquéfaction et la vaporisation. Lorsque l'eau est convertie en vapeur, elle occupe un espace 1800 fois

plus grand que sous la forme liquide. Qu'on donne aux vibrations telle intensité qu'on voudra, on ne pourra y voir la cause qui peut séparer, d'une manière permanente, les molécules des corps à d'aussi grandes distances.

« Le peu de fondement de cette hypothèse n'est pas moins évident lorsqu'on l'applique à d'autres phénomènes. Les lois en vertu desquelles la chaleur pénètre à travers les corps, sont différentes de celles qui règlent la nature du mouvement. Fussent-elles les mêmes, le passage du calorique devrait alors être instantané à travers les corps élastiques, et plus ou moins rapide à travers les autres corps, suivant leur degré d'élasticité, ce qui est loin d'être vrai. Rien ne démontre non plus pourquoi les liquides ou les fluides aériformes le transmettent si lentement : avec cette théorie, nous ne pouvons nous rendre compte de la distribution du calorique dans les corps, et de la quantité nécessaire pour produire une température donnée dans différentes substances, ou de celle qui est absorbée lorsque les corps changent de forme ; enfin, quelles sont les lois qui règlent son action ? »

Le docteur Young, dans ses *Leçons de Philosophie naturelle*, aborde ainsi la discussion sur la nature de la chaleur :

« C'est, dit-il, un sujet sur lequel l'opinion générale paraît avoir été récemment égarée par des considérations superficielles. La facilité avec laquelle l'esprit conçoit une substance indépendante, qui n'est sujette à d'autres variations matérielles qu'à celles de la quantité et de la distribution, à laquelle un nom et une place convenable ont été assignés dans l'ordre des élémens les plus simples, paraît avoir engagé les chimistes les plus distingués à dédaigner quelques-unes des difficultés insurmontables que présente la théorie du calorique. »

Dans une autre partie du même passage, le docteur Young remarque que « les circonstances qui se rattachent à la production du calorique par le frottement, paraissent renverser, sans réplique, toute la doctrine de la matérialité. Si la chaleur produite n'est formée par aucun des corps environnans ; ce qui ne pourrait avoir lieu sans que leur température diminuât : si elle n'est pas enlevée à celle qui pourrait s'être accumulée dans les corps frottés eux-mêmes ; ce qui ne pourrait avoir lieu lors même qu'on parviendrait à diminuer leur

capacité pour le calorique à un degré inconcevable, il est impossible de ne pas reconnaître que la chaleur peut être produite par le frottement seul. Or, si on ne la tire d'aucune substance, elle ne peut pas être matérielle, ni même une *substance immatérielle*, ou *semi-matérielle*. Les autres parties de la théorie ont également leurs difficultés : ainsi, si la chaleur était la cause générale de la répulsion, son augmentation ne pourrait diminuer l'élasticité des solides et des fluides; si elle était elle-même un fluide continu, elle ne rayonnerait pas à travers le même espace dans toutes les directions; enfin, si ses molécules répulsives se suivaient l'une l'autre à une certaine distance, elles ne pourraient se rapprocher au foyer d'un verre lenticulaire, qui les détourne de leur direction en ligne droite. »

Plus loin, le même savant, après avoir établi un parallèle entre la production de la chaleur et celle du son, fait observer que « ces analogies sont certainement favorables à la théorie des mouvemens vibratoires; théorie sanctionnée par l'autorité des savans les plus illustres d'autrefois, et de l'époque actuelle.

» Ceux qui, néanmoins, mettent une

confiance sans bornes dans les dogmes de la chimie moderne, conserveront longtems une certaine partialité pour la méthode facile, mais superficielle et peu exacte de raisonnement sur laquelle est fondée l'hypothèse favorite de l'existence du calorique, comme substance particulière. Mais tout fait présumer qu'un examen soigneux et approfondi des faits qui tendent à renverser ce système, fera sur l'esprit des chimistes, une impression suffisante pour les engager à adopter la théorie contre laquelle se présente le moins d'objections. »

La question est donc loin d'être résolue; mais il est heureux que la plupart des phénomènes produits par la chaleur puissent être également bien expliqués dans chacune des deux théories.

CHAPITRE III.

DE L'EXPANSION OU DE LA DILATATION DES CORPS PAR LA CHALEUR.

L'EFFET le plus général que la chaleur produit sur les corps auxquels elle est

appliquée, est l'augmentation de leur volume. Les solides, les liquides et les gaz augmentent tous de volume lorsqu'ils sont chauffés, et se contractent par le refroidissement. Plusieurs procédés utiles dans les arts, et quelques-unes des importantes opérations de la nature dépendent de cette loi.

On peut prouver l'expansion des corps solides, par des expériences aussi simples que convaincantes.

Ayez un cylindre de cuivre *a*, *fig.* 1, *pl.* I-II, adapté à un manche, et tellement ajusté qu'il puisse entrer exactement dans le sens de sa longueur, dans une entaille faite à une autre pièce de cuivre plate *b*, et par ses deux extrémités dans le trou circulaire pratiqué dans le même morceau de cuivre. Echauffez ce cylindre, et il se trouvera trop long pour se placer dans l'entaille, et trop large pour passer dans le trou. Si on le laisse refroidir, il reprendra son premier volume, et se placera facilement dans l'entaille et le trou.

Ayez une balle de fer qui puisse passer juste à travers un anneau de métal; faites chauffer cette balle, elle ne pourra plus y passer; son refroidissement lui permettra de le faire.

Si l'on a besoin de déterminer les degrés comparatifs de dilatation que des corps différens prennent à une basse température, on peut faire usage de l'instrument appelé *pyromètre*, représenté par la *fig.* 2, *pl.* I–II.

On place sur deux supports une verge de métal ou de toute autre substance *a a*, dont on veut connaître le degré d'expansion. L'une de ses extrémités est appuyée contre une vis immobile, et l'autre contre un levier qui fait mouvoir un index ou aiguille *c*. Si la substance est facilement expansible, aussitôt qu'on y applique la flamme de la lampe à esprit de vin *b*, elle se dilate, pousse le levier et fait mouvoir ainsi l'index *c*, dont la pointe parcourt l'arc de cercle gradué *d* de l'appareil, et indique ainsi le degré de dilatation auquel est portée la substance.

Lorsqu'on veut comparer, avec cet instrument, la dilatabilité respective de diverses substances, il est nécessaire de donner aux verges des dimensions bien égales, et de ne les soumettre à la flamme de la lampe, que le même espace de tems.

« On voit que, dans la construction de ce pyromètre, l'aiguille ne peut indiquer que des degrés comparatifs de dilatation;

et l'on aurait tort de penser que le chemin qu'elle parcourt sur l'arc gradué, est égal à la dilatation de la substance en expérience : car, si on augmentait le diamètre du cercle dont cet arc fait partie, et si l'on donnait plus de longueur à l'aiguille, l'espace qu'elle parcourrait sur l'arc de cercle, serait bien plus considérable, et cependant la dilatation de la substance aurait été la même. Au moyen de la combinaison de leviers que représente la figure, et sur laquelle on trouvera tous les détails nécessaires dans le *Traité de mécanique*, on parvient à multiplier les effets de la dilatation, et à les faire paraître un nombre donné de fois plus grands qu'ils ne le sont réellement. Ainsi, par exemple, dans la *fig.* 2, l'aiguille en parcourant 10 degrés sur l'arc gradué, peut n'indiquer qu'une dilatation de la dix-millionnième ou de la cent-millionnième partie d'une ligne ou d'un millimètre, etc., etc.

Mais quelque ingénieux que soit cet appareil, il est loin d'être aussi exact qu'on pourrait le croire d'abord. Il renferme de nombreuses sources d'erreurs dont les principales sont : la difficulté d'en ajuster toutes les pièces assez parfaitement pour qu'elles concourent constamment à l'effet cherché.

En outre, ces pièces participent plus ou moins à l'échauffement de la substance en expérience, et cette cause d'erreur est la plus grande de toutes, parce qu'elle est la moins facile à apprécier.

Toutefois cet appareil peut servir à reconnaître approximativement la dilatation des corps, ainsi que les hautes températures des fourneaux dans certaines usines. Ceux employés à la fabrique de porcelaine de Sèvres sont de ce genre, et remplissent suffisamment leur but, parce qu'on n'a pas besoin d'une précision bien rigoureuse.

Ces inconvéniens ont été sentis par Lavoisier et Laplace qui, pour y remédier, ont imaginé une autre espèce de pyromètre dont la description se trouve consignée dans les *traités de physique*.

Le *tableau* suivant de *la dilatation linéaire des solides par la chaleur*, est probablement le plus correct qui existe.

On suppose que la longueur de la verge prise à 0° est 1, et les décimales de la troisième colonne, ou les fractions vulgaires de la quatrième indiquent de combien cette verge s'est allongée. Dans le premier exemple un tube de verre à 0° ayant un pied de long, a eu 1,0008833 à 100°, c'est-à-dire s'est allongé de 1/1132 de pieds, ou d'environ 1/8 de ligne. Nous avons donné les fractions vulgaires pour les dilatations les plus importantes.

TABLEAU des dimensions qu'acquiert, à la température de 100 degrés Centigrades, une verge des substances ci-dessous, lorsque sa longueur, à 0 degrés, est 1,

			DILATATION en Fractions vulgaires.
Tube de verre.....	Smeaton.....	1.00083333	$^{1}/_{1232}$
Idem.	Roy.....	1.00077615	$^{1}/_{1288}$
Idem.	De Luc.....	1.00082800	$^{1}/_{1116}$
Idem.	Dulong et Petit.....	1.00086130	$^{1}/_{1148}$
Idem.	Lavoisier et Laplace..	1.00081166	$^{1}/_{1122}$
Verre plat.....	*Idem*. *Idem*..	1.00089089	$^{1}/_{1142}$
Idem. *dit* crown glass..	*Idem*. *Idem*..	1.00087572	$^{1}/_{1114}$
Idem. *Idem*. ..	*Idem*. *Idem*..	1.00089760	$^{1}/_{1990}$
Idem. *Idem*. ..	*Idem*. *Idem*..	1.00091751	$^{1}/_{1089}$
Idem. en verge....	Roy.....	1.00080787	$^{1}/_{1238}$
Platine.....	Borda.....	1.00085655	$^{1}/_{1154}$
Idem.	Dulong et Petit.....	1.00088420	$^{1}/_{1131}$
Idem.	Troughton.....	1.00099180	$^{1}/_{1008}$
Idem. et verre.....	Berthoud.....	1.00110000	$^{1}/_{909}$
Palladium.....	Wollaston.....	1.00100000	$^{1}/_{1000}$
Antimoine.....	Smeaton.....	1.00108300	$^{1}/_{923}$

Fer de fonte en prisme.	Roy.....	1.00110940	$^1/_{900}$
Fer de fonte.....	Lavoisier et Young....	1.00111111	
Acier.....	Troughton.....	1.00118990	$^1/_{841}$
Idem en verge.....	Roy.....	1.00114470	
Id. vésiculaire (blistered)	Transact. phil. 1795..	1.00112500	
Idem.	Smeaton.....	1.00115000	
Idem. non trempé....	Lavoisier et Laplace...	1.00107875	$^1/_{927}$
Idem. *Idem*.	*Idem*. *Idem*. ..	1.00107956	$^1/_{926}$
Idem trempé jaune....	*Idem*. *Idem*. ..	1.00136900	
Idem. *Idem*.	*Idem*. *Idem*. ..	1.00138600	
Idem à une très-haute température...	*Idem*. *Idem*. ..	1.00123956	$^1/_{807}$
Acier.....	Troughton.....	1.00118980	
Idem dur.....	Smeaton.....	1.00122500	
Idem recuit.....	Muschenbroëck.....	1.00122000	
Idem tempéré.....	*Idem*.	1.00137000	
Fer.....	Borda.....	1.00115600	$^1/_{865}$
Idem.....	Smeaton.....	1.00125800	$^1/_{794}$
Idem doux, forgé.....	Lavoisier et Laplace..	1.00122045	
Idem arrondi à la filière,	*Idem*. *Idem*...	1.00123504	

Suite du *TABLEAU des dimensions qu'acquiert, à la température de 100 degrés centigrades, une verge des substances ci-dessous, lorsque sa longueur, à 0 degrés, est* 1.

			DILATATION en Fractions vulgaires
Fil de fer.....	Troughton.....	1.00144010	1/694
Fer.....	Dulong et Petit.....	1.00118203	1/846
Bismuth.....	Smeaton.....	1.00139200	
Or recuit.....	Muschenbroëck.....	1.00146000	
Id......	Ellicot.....	1.00150000	
Id. de départ.....	Lavoisier et Laplace..	1.00146606	1/682
Id. au titre de Paris, non recuit.....	*Idem. Idem*...	1.00155155	1/645
Id. Idem. recuit.....	*Idem. Idem*...	1.00151361	1/661
Cuivre.....	Muschenbroëck.....	1.00191000	
Idem......	Lavoisier et Laplace..	1.00172244	1/581
Idem......	*Idem. Idem*...	1.00171222	1/584
Idem......	Troughton.....	1.00191880	
Idem......	Dulong et Petit.....	1.00171821	1/582
Cuivre jaune, ou laiton.	Borda.....	1,00178300	
Idem. Idem. ...	Lavoisier et Laplace..	1,00186671	

Idem *Idem*	*Idem*. *Idem* ..	1.00188971
Idem de Hambourg....	Roy.....	1.00185540
Idem fondu.....	Smeaton.....	1.00187500
Idem anglais, en verge, extr. d'une plaq.	Roy.....	1.00189280
Id. Id. sous forme creuse.	*Idem*.....	1.00189490
Idem	Troughton.....	1.00191880
Fil de laiton.....	Smeaton.....	1.00193000 $^{1}/_{521}$
Laiton.....	Muschenbroëck.....	1.00216000 $^{1}/_{462}$
Mélange de 8 parties de cuivre et de 1 d'étain.	Smeaton.....	1.00181700
Argent.....	Herbert.....	1.00189000
Idem	Ellicot.....	1.00210000
Idem	Muschenbroëck.....	1.00212000
Idem de coupelle.....	Lavoisier et Laplace..	1.00190974 $^{1}/_{524}$
Idem au titre de Paris.	*Idem*. *Idem* ..	1.00190868 $^{1}/_{524}$
Idem	Troughton.....	1.00208260
Mélange de 16 parties de laiton et de 1 d'étain...	Smeaton.....	1.00190800
Miroirs métalliques	*Idem*.....	1.00193300

La dilatation linéaire, ou celle qui a lieu en longueur, est la seule indiquée par cette table. Pour avoir la dilatation en volume, il faut multiplier les quantités décimales ci-dessus par 3, ou diviser le dénominateur des fractions vulgaires par 3. Le produit de la multiplication, ou le quotient de la division sera la dilatation cherchée.

On remarquera que les métaux dont les molécules ont été forcément rapprochées par le procédé de l'étirage, se dilatent plus que ceux qu'on a laissés dans leur état naturel d'aggrégation.

Enfin, il paraîtrait que, dans beaucoup de cas, il existe une relation entre la dilatabilité des métaux et leur fusibilité, ou leur disposition à fondre, d'où il résulterait que ceux qui sont les plus fusibles sont aussi ceux qui augmentent le plus de volume.

Dans plusieurs professions on tire un grand parti de la dilatabilité des corps solides par la chaleur. Les diverses parties des grandes cuves destinées à contenir des liquides, comme on en voit chez les brasseurs, les teinturiers, etc., sont liées solidement ensemble par de forts cercles de fer; ces cercles qu'on fait d'abord trop

étroits pour être immédiatement adaptés à la cuve, sont chauffés jusqu'à ce que leur diamètre soit suffisamment agrandi ; on les place alors sur la partie de la cuve où ils doivent être appliqués, et on les refroidit subitement en y jetant de l'eau. La contraction du fer qui accompagne le refroidissement, détermine celle de toutes les autres parties de la cuve qui se trouvent ainsi en parfait contact les unes avec les autres, et sont plus solidement assemblées que ne l'aurait pu faire tout autre moyen.

Les diverses parties des roues de voiture sont fortement liées ensemble par un moyen semblable. On fait le cercle de fer qui les entoure, d'un diamètre un peu moins grand que celui de la roue elle-même, et, lorsqu'il s'est agrandi par la chaleur qu'on y applique, on le place sur la roue, et on le refroidit en plongeant le tout dans l'eau ; sa contraction resserre toutes les parties de la roue et les assemble avec une très-grande force.

La force avec laquelle les métaux se dilatent par la chaleur et se contractent par le refroidissement, est capable de vaincre les plus grandes résistances. On en trouvera la preuve dans le fait suivant, qui

eut lieu au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, il y a quelques années.

Les deux murs d'une galerie de ce bâtiment penchaient fortement en dehors, parce que le poids des planchers et du toit était trop considérable. Sur la proposition de M. Molard, on pratiqua dans ces deux murailles, plusieurs trous les uns vis-à-vis des autres, et on y introduisit les extrémités de fortes barres de fer qui traversaient la galerie. On adapta en dehors, aux extrémités de ces barres de fer, de larges écrous du même métal; puis on les chauffa fortement; et, à mesure qu'elles s'allongeaient par leur dilatation, on faisait tourner les écrous qui s'appliquaient ainsi constamment contre les murailles. Lorsqu'on jugea que la dilatation des barres de fer était suffisante, on les laissa refroidir; et leur contraction fut telle, qu'elles redressèrent parfaitement les deux murailles; on aurait pu facilement les faire écrouler en dedans en continuant à échauffer les barres de fer, et en serrant davantage les écrous.

La dilatation soudaine des corps par la chaleur produit quelques effets contre lesquels on doit être en garde. Le verre, par

exemple, se brise très-facilement lorsqu'on l'échauffe, à cause de l'inégale expansion qui en résulte. Le verre étant un mauvais conducteur du calorique, lorsqu'une des surfaces d'un vase ou d'un plateau de cette substance est subitement échauffée, elle se dilate ; mais la chaleur ne passant pas avec la même promptitude à l'autre surface, celle-ci n'est que très-peu dilatée ou ne l'est pas du tout, et c'est la dilatation inégale de ces deux surfaces qui détermine la rupture du verre.

Il résulte de ce que nous venons de dire que le danger de la rupture est d'autant plus grand que le verre est plus épais. On peut, sans inconvénient, verser de l'eau bouillante dans un vase de verre très-mince, parce que la chaleur peut promptement le traverser et dilater en même tems les deux surfaces. On a souvent brisé des verres de lunettes en les enfumant sur une chandelle allumée, dans le but de regarder une éclipse de soleil, afin que l'éclat de cet astre ne fatiguât pas la vue.

Des plateaux de machines électriques ont eu le même sort, parce qu'on les tenait près du feu qui dilatait une de leurs surfaces ; tandis qu'un courant d'air froid, qui s'établit toujours dans une chambre

où il y a du feu, contractait l'autre surface en la refroidissant. L'inégalité de température produisant une inégalité analogue de dilatation fait éclater avec bruit les verres qui y sont exposés. C'est ainsi que dans l'été, lorsqu'à une pluie froide succède rapidement un soleil ardent, on voit les vitres des appartemens qui éprouvent ce changement subit de température, se briser en éclats.

D'autres substances fragiles sont susceptibles d'éprouver le même accident par les mêmes causes. On peut briser des plaques échauffées de fer fondu en projetant dessus un peu d'eau froide.

« Les variations de température produisent encore la rupture des métaux les plus solides, lorsqu'ils ne sont pas convenablement disposés pour éviter cet effet. Une forte gelée brise souvent les grilles de fer scellées dans des murailles. C'est ce qui arrive lorsqu'elles ont été posées pendant la chaleur de l'été; alors elles sont fortement dilatées; mais le froid venant à les contracter, elles ne peuvent prendre un volume moindre sans entraîner avec elles les murailles dans lesquelles elles sont scellées, ou sans se briser, ce qui est le cas le plus ordinaire, si les murailles ne cèdent

point à leurs efforts ; si au contraire les grilles ont été scellées pendant l'hiver, elles sont alors contractées, et la chaleur de l'été les dilatant, elles tendent à écarter les murailles et se brisent si elles n'y parviennent pas.

« On prévient ces accidens en ne scellant qu'une des extrémités de la grille et en laissant à l'autre un jeu suffisant pour se contracter ou se dilater.

« On a employé des moyens analogues aux ponts en fer qui traversent la Seine à Paris ; sans cette précaution, ils auraient été sujets à se rompre toutes les fois que la température aurait varié d'un certain nombre de degrés.

« A l'exemple cité plus haut, de l'ingénieux emploi de la dilatation et de la contraction des métaux par le calorique, au Conservatoire des arts et métiers, nous ajouterons son application à l'impression des médailles, que nous empruntons à M. Beudant.

« On disposait, à cet effet, une barre de fer entre deux murailles très-résistantes ; on plaçait le *flan* (le métal à imprimer) et les poinçons entre la muraille et l'une des extrémités de la barre ; puis on faisait rougir cette barre qui, en s'allongeant,

forçait les poinçons à s'imprimer sur la pièce de métal.

« On doit à un mécanicien distingué, M. Bonnemain, une machine très-ingénieuse dans laquelle l'élévation et l'abaissement successif de la température déterminent un mouvement de *va et vient*. Elle est composée d'un cylindre traversé par des tringles de fer, et dans lequel on fait alternativement passer de l'eau chaude et de l'eau froide ; cette machine développe une force équivalente à celle d'un homme, et peut être applicable à beaucoup de circonstances. »

L'expansion ou la contraction produites par les variations de température dans les métaux dont sont composés les pendules des horloges et les balanciers des montres, déterminent souvent de grandes variations dans la marche de ces machines, dont la régularité dépend de la longueur constante du pendule ; lorsque celui-ci s'allonge par la chaleur ou par toute autre cause, l'horloge va plus lentement ; et lorsqu'il se raccourcit, le mouvement est accéléré. Si la lentille d'un pendule qui bat les secondes était abaissée de la centième partie d'un pouce, l'horloge retarderait de plus de onze secondes en vingt-quatre heures.

On a imaginé, pour remédier à cet inconvénient, divers procédés qui consistent à opposer à la dilatabilité d'un métal celle d'un autre qui agirait dans un sens opposé, de sorte qu'il en résultât une compensation qui conservât au pendule la longueur qu'il doit avoir.

Le premier procédé imaginé pour atteindre ce but est dû à Graham, horloger de Londres. Il consistait à substituer à la lentille du pendule un cylindre de verre d'environ six pouces de hauteur, et contenant dix à douze livres de mercure. Lorsque la verge d'acier qui suspendait le cylindre s'allongeait par l'élévation de la température, et faisait ainsi descendre le centre d'oscillation du pendule, le mercure, par sa dilatation, élévait ce centre d'oscillation dans le même rapport que l'allongement de la verge d'acier le faisait descendre.

« On doit à Julien Leroi, horloger de Paris, un autre procédé qui consiste à compenser l'allongement d'une tige de laiton par celui d'une tige de fer. ».

Mais le moyen le plus en usage est celui du pendule à gril dont on doit l'invention à Harrison. Il consiste en trois tiges d'acier et deux tiges d'un mélange de zinc

et d'argent disposées de manière que la dilatation d'un métal est compensée par l'allongement de l'autre, qui a lieu dans une direction contraire; ce qui, en définitive, donne au pendule une longueur constante.

Arnold est aussi l'inventeur d'un procédé du même genre, applicable aux balanciers des montres; ce sont des courbes concentriques de métaux différens; et la dilatation des uns est compensée par la dilatation contraire des autres.

La dilatabilité des liquides est beaucoup plus grande que celle des solides; mais les différences de dilatabilité qu'ils offrent sont singulièrement remarquables: le mercure ne se dilate pas autant que l'eau, celle-ci pas autant que l'alcohol, et l'alcohol beaucoup moins que l'éther.

TABLEAU de la dilatation des liquides, depuis la température de la glace fondante, jusqu'à celle de l'eau bouillante; extrait du Dictionnaire de Chimie du docteur Ure.

			DILATATION en Fractions vulgaires.
Mercure	Dalton (*)		0.0200000 $^{1}/_{50}$
Idem	Cavendish		0.0188700 $^{1}/_{53}$
Idem	Deluc		0.0180000 $^{1}/_{56}$
Idem	Roy		0.0170000 $^{1}/_{59}$
Idem	Shuckburgh		0.0185100 $^{1}/_{54}$
Idem	Lavoisier et Laplace		0.0181000 $^{1}/_{55.22}$
Idem	Haellstroem		0.0181800 $^{1}/_{55}$
Idem	Dulong et Petit		0.0180180 $^{1}/_{55.50}$
Idem	*Idem* *Idem*	(de 100 d. à 200)	0.0184331 $^{1}/_{54.25}$
Idem	*Idem* *Idem*	(de 200 d. à 300)	0.0188700 $^{1}/_{53}$
Idem	*Idem* *Idem*	dans du verre (de 0 d. à 100)	0.0154320 $^{1}/_{64.8}$
Idem	*Idem* *Idem*	*Id.* (de 100 d. a 200)	0.0156900 $^{1}/_{63.78}$
Idem	*Idem* *Idem*	*Id.* (de 200 d. à 300)	0.0158280 $^{1}/_{63.18}$
Eau	Kirwain		0.0433200 $^{1}/_{28.8}$

Acide muriatique (pes.spéc.1.137)	Dalton (*)	0.0600000 $^{1}/_{17}$
Acide nitrique(pes. spéc. 1.40)	*Idem*	0.1100000 $^{1}/_{9}$
Acide sulfurique (pes.spéc. 1.85)	*Idem*	0.0600000 $^{1}/_{17}$
Alcohol	*Idem*	0.1100000 $^{1}/_{9}$
Eau	*Idem*	0.0460000 $^{1}/_{22}$
Idem saturée de sel commun	*Idem*	0.0500000 $^{1}/_{20}$
Ether sulfurique	*Idem*	0.0700000 $^{1}/_{14}$
Huiles fixes	*Idem*	0.0800000 $^{1}/_{12.5}$
Idem de térébenthine	*Idem*	0.0700000 $^{1}/_{14}$
Eau saturée de sel commun	Robison	0.0519800 $^{1}/_{19}$

(*) Les quantités indiquées par M. Dalton sont probablement trop grandes : il y a tout lieu de présumer que les résultats de ses expériences ont été modifiés par quelque notion hypothétique.

Première Expérience.

On peut démontrer facilement l'expansibilité d'un liquide en en remplissant une boule de verre surmontée d'un tube long et étroit dans lequel le liquide s'élève un peu avant l'expérience. On échauffe alors la boule et l'on voit le liquide monter dans le tube ; néanmoins, il faut tenir compte de la dilatation de la boule de verre elle-même dont la capacité se trouve augmentée.

« D'un autre côté, comme le verre se dilate avant le liquide, celui-ci, au lieu de monter immédiatement dans le tube, s'abaisse d'abord parce que la boule de verre prend des dimensions plus grandes avant que le liquide lui-même augmente de volume ; mais bientôt le liquide, s'échauffant à son tour, se dilate et monte dans le tube de verre. »

Deuxième Expérience.

Pour reconnaître la dilatabilité de l'eau, remplissez avec de l'eau colorée l'appareil décrit dans l'expérience précédente, et plongez-le dans un autre vase rempli d'eau

chaude *fig.* 3, *pl.* I-II. L'eau colorée s'élèvera dans le tube à une plus grande hauteur.

Les liquides les plus dilatables sont ceux auxquels il faut le moins de chaleur pour bouillir.

Troisième Expérience.

Une égale quantité de chaleur appliquée aux liquides ne produit pas des degrés égaux de dilatation : c'est ce dont on peut se convaincre en appliquant la flamme de l'esprit-de-vin à la boule de l'appareil employé dans les deux expériences précédentes, et dont le tube serait divisé en degrés égaux. Si l'on observe le nombre de divisions que le liquide a parcourues en s'élevant pendant les cinq premières minutes, et si l'on continue à échauffer la boule avec la même flamme pendant cinq autres minutes, l'on remarquera que le liquide aura pris une plus grande expansion que pendant la première période de l'expérience, car il aura dépassé un plus grand nombre de divisions. Chaque quantité successive de chaleur appliquée produit un effet plus grand que la quantite précé-

dente, jusqu'au moment où le liquide entre en ébullition.

On explique ce phénomène par l'hypothèse suivante :

Les molécules des liquides auraient, les unes pour les autres, une certaine attraction de cohésion qui résisterait à la force expansive du calorique. Les premières quantités de calorique appliquées ayant à vaincre cette résistance, leur effet en serait proportionnellement diminué ; enfin les quantités suivantes ayant une moins grande résistance de ce genre à surmonter, produiraient une dilatation beaucoup plus grande.

Rumfort détermina la contraction de l'eau par le refroidissement de 10 en 10 degrés du thermomètre de Réaumur, depuis 80 jusqu'à 0, et il obtint les résultats suivans :

Parties, ou divis. du tube gradué qui surmonte la boule de verre. 18 16.2 13.8 11.5 9.3 7.1 3.9 0.2

FARENHEIT, la contract. fut de

de 212	à 189 ½	de 80 à 70	de 100 à 87 ½
de 189 ½	à 167	de 70 à 60	de 87 ½ à 75
de 167	à 144 ½	de 60 à 50	de 75 à 62 ½
de 144 ½	à 122	de 50 à 40	de 62 ½ à 50
de 122	à 99 ½	de 40 à 30	de 50 à 37 ½
de 99 ½	à 77	de 30 à 20	de 37 ½ à 25
de 77	à 54 ½	de 20 à 10	de 25 à 12 ½
de 54 ½	à 32	de 10 à 0	de 12 ½ à 0

RÉAUMUR, ou CENTIGRADE, ou

La grande irrégularité qu'indique la fin de ce tableau est due à des propriétés remarquables de l'eau, dont l'expansibilité est, pour les dix degrés qui sont le plus voisins du terme de l'ébullition, presque cinq fois aussi grande que pour les dix degrés de température moyenne.

Deluc détermina, par le même moyen, la dilatabilité relative de divers liquides; les résultats en sont consignés dans le tableau suivant. Il employa également le thermomètre de Réaumur, en regard duquel nous mettrons aussi les degrés correspondans des thermomètres centigrade et Fahrenheit.

Digitized by Google

THERMOMÈTRES			HUILE D'OLIVE.
RÉAUMUR.	CENTIGRADE.	FAHRENHEIT.	
80	100	212	80.
75	93 3/4	200 3/4	74.6
70	87 1/2	189 1/2	69.4
65	81 1/4	178 1/4	64.4
60	75	167	59.3
55	68 3/4	155 3/4	54.2
50	62 1/2	144 1/2	49.2
45	56 1/4	133 1/4	44.0
40	50	122	39.2
35	43 3/4	110 3/4	34.2
30	37 1/2	99 1/2	29.3
25	31 1/4	88 1/4	24.3
20	25	77	19.3
15	18 3/4	65 3/4	14.4
10	12 1/2	54 1/2	9.5
5	6 1/4	43 1/4	4.7
0	0	32	0.0
— 5	— 6 1/4	— 20 3/4	
—10	—12 1/2	— 9 1/2	

HUILE ESSENTIELLE de Camomille.	HUILE DE THYM.	ALCOHOL.	EAU DE MER.	EAU.
80	80.	80	80	80.
74.7	74.3	73.8	74.1	71.
69.5	68.8	67.8	68.4	62.
64.3	63.5	61.9	62.6	53.5
59.1	58.3	56.2	57.1	45.8
53.9	53.3	50.7	51.7	38.5
48.8	48.3	45.3	46.6	32.
43.6	43.4	40.2	41.2	26.1
38.6	38.4	35.1	36.3	20.5
33.6	33.5	30.3	31.3	15.9
28.7	28.6	25.6	26.5	11.2
23.8	23.8	21.0	21.9	7.3
18.9	19.0	16.5	17.3	4.1
14.1	14.2	12.2	12.8	1.6
9.3	9.4	7.9	8.4	0.2
4.6	4.7	3.9	4.2	0.4
0.0	0.0	0.0	.0	0.0
		— 3.9	— 4.8	
		— 7.7	— 8.1	

Il existe dans la dilatation des corps par le calorique, et dans leur contraction par le refroidissement, quelques exceptions partielles parmi lesquelles celles de l'eau sont les plus remarquables. Ce liquide, lorsqu'il se refroidit, se contracte jusqu'à ce qu'il arrive à un certain point où alors il se dilate, comme si on l'échauffait.

Cette propriété de l'eau fut observée, pour la première fois, par les académiciens de Florence, dans une expérience pendant laquelle ils refroidissaient un tube thermométrique rempli d'eau, en le plongeant dans un mélange de glace et de sel.

Deluc fit de nombreuses expériences à ce sujet, et remarqua que l'eau atteint son *maximum de densité*, c'est-à-dire le point où elle a le moindre volume, entre 3 degrés 43 et 4 degrés 44 au-dessous de 0 du thermomètre centigrade; qu'elle cesse de se contracter au-dessous de ce point quoiqu'elle continue à se refroidir, et qu'enfin, arrivée à ce point, elle se dilate toujours, soit qu'on l'échauffe, soit qu'on la refroidisse. Il en résulte que le volume de l'eau à environ 9 degrés, est le même qu'à 0.

Sir Charles Blagden, MM. Gay-Lussac et Dalton, ont reconnu, dans leurs expé-

riences, que l'eau continue de se dilater au-dessous de 0, lorsqu'on abaisse sa température au-dessous de ce point sans qu'elle se congèle (ce qu'on obtient si on évite toute agitation dans le liquide); et que cette dilatation peut lui donner enfin le même volume que si on l'échauffait à 24 degrés.

L'augmentation de volume produite par le refroidissement de l'eau, depuis son maximum de densité jusqu'au degré de congélation fut attribué par Hooke, et, plus tard par M. Dalton, à la contraction des vases de verre qui contiennent l'eau employée à l'expérience. A la vérité, il est certain que la boule de verre se contracte par le refroidissement, et qu'elle contribue en partie à faire monter l'eau dans le tube; mais il résulte, d'autres expériences et d'autres considérations que nous exposerons plus loin, que l'eau se dilate véritablement par le refroidissement, et que ce phénomène n'est point une illusion produite par la contraction du vase qui contient le liquide.

Le docteur Hope remplit un vase de verre d'environ 8 pouces (0 m. 217) de profondeur, et de 4 pouces (0 m. 108) de diamètre, avec de l'eau à la température de 0. Au centre du vase était suspendu un

thermomètre dont la boule n'était qu'à un demi-pouce du fond ; un autre thermomètre était également suspendu à la même distance du niveau du liquide. Le vase étant exposé à une température de 15 degrés $^5/_9$ centigrades, parvint graduellement à 3 degrés $^2/_9$; et, pendant cet accroissement de température, le thermomètre placé au fond du vase, marquait au moins 1 degré (Fahrenheit) plus haut que le thermomètre placé plus près de la surface du liquide ; ce qui indiquait que la densité de l'eau s'était accrue avec la température : car, si la couche inférieure s'était dilatée en s'échauffant, elle serait montée à la surface, et le thermomètre supérieur aurait marqué la température la plus élevée.

En refroidissant l'eau à 0, le thermomètre inférieur indiquait encore une température plus haute que ne le faisait le thermomètre supérieur. Avant que l'eau arrive à 4 degrés 44 centigrades, ses molécules les plus froides sont toujours au fond ; mais lorsqu'elle a atteint ce degré, elle s'y maintient jusqu'à ce que toute la masse liquide soit à la même température ; si le refroidissement continue, les molécules les plus froides se rassemblent à la surface, celles

du fond étant plus échauffées de 2 degrés environ.

La force expansive de l'eau qui se congèle est bien connue ; elle brise souvent les tuyaux et les vases qui contiennent ce liquide. Dans nos appartemens même, nous voyons fréquemment des carafes se briser par la dilatation de l'eau glacée, lorsque ces vases ont le col étroit, et gênent, par conséquent, l'expansion du liquide. Ce phénomène produit aussi le dépavement des parties de nos habitations où l'eau a pu s'infiltrer entre les pavés ; il fend les arbres les plus forts et les rocs les plus durs ; il est surtout très-utile à la végétation en réduisant en poudre et en mêlant au sol les parties de pierres qui sont exposées à son action.

Voulant essayer la force expansive de la congélation de l'eau, les académiciens de Florence placèrent de l'eau dans une cavité d'un pouce de diamètre, pratiquée dans un globe de cuivre très-fort, et la firent geler. Le globe fut brisé par la dilatation de l'eau, bien que sa résistance fût estimée à plus de 25,000 livres (12,500 kil.)

Dans les expériences du même genre,

faites à Québec par le major Williams, une verge de fer du poids de 3 livres (1 kil. 500) environ, enfoncée dans la lumière d'une bombe qui contenait de l'eau soumise au refroidissement, fut lancée, par la dilatation du liquide, a plus de 387 pieds (126 mètres 500 mil. environ). Dans une autre expérience la bombe elle-même fut brisée.

On a donné diverses explications sur le phénomène de la dilatation de l'eau lorsqu'elle est sur le point de se transformer en glace. La théorie la plus plausible est celle de de Mairan, qui suppose que les molécules de l'eau, lorsqu'elles se cristallisent et passent à l'état solide, ont une tendance à s'unir par certains points de préférence à d'autres, et s'arrangent de manière à former des lignes droites, faisant entr'elles des angles déterminés. Cet arrangement des molécules exigeant plus d'espace, et laissant de nombreux vides entr'elles, le volume du liquide doit nécessairement être augmenté.

Les plus importans effets résultent de cette propriété de l'eau : si cette densité continuait à s'accroître jusqu'au moment ou elle se congèle, la glace serait plus lourde que l'eau, et à mesure qu'elle se forme-

rait, elle s'établirait, au fond, en couches successives, jusqu'à ce que toute la masse de l'eau, quelle que fût sa profondeur, devînt solide.

Un tel arrangement produirait l'anéantissement immédiat d'une partie du règne animal. Les eaux qui servent de demeure à tant d'espèces de poissons ou d'amphibies, deviendraient leur tombeau, et leur race s'éteindrait sans retour.

Le contraire arrive, parce que la glace étant plus légère que l'eau, s'établit à la surface du liquide, et protège ses habitans contre l'influence du froid.

La dilatabilité des fluides aériformes, diffère de celle des liquides et des solides, en ce qu'ils sont uniformément affectés par d'égales quantités de chaleur, à toutes les températures. Ce phénomène s'explique facilement au moyen de la théorie que nous avons déjà donnée de la dilatation irrégulière des liquides. En effet, la force d'attraction qui existe entre les molécules des liquides, s'oppose d'abord aux effets du calorique qui éprouve une résistance constamment décroissante, et qui, par conséquent, produit une dilatation proportionnelle à cette résistance. Mais, dans les fluides aériformes, cette attraction de cohé-

sion n'existe pas, et le calorique n'a aucune résistance de ce genre à surmonter.

Il en résulte donc que le même degré de température produit la même dilatation ; et que cet effet est constant pour tous les fluides aériformes qu'on soumet à un même degré de température.

Le tableau suivant indique l'augmentation de volume, de 100 parties de l'air atmosphérique, pour chaque degré de température, depuis le 32e degré du thermomètre de Fahrenheit, jusqu'au 100e, et de 10 en 10 degrés, jusqu'à 210.

« Pour l'intelligence de nos lecteurs, nous y joignons les degrés comparatifs des thermomètres centigrade et de Réaumur. Le Chapitre IV, consacré à la théorie du thermomètre, leur donnera l'explication de ce qui pourrait leur paraître obscur dans l'application simultanée que nous avons faite jusqu'à présent de ces trois espèces de thermomètres. »

F.	C.	R.	VOLUME.
32	0	0	100,000
33	0 5/9	0 4/9	100,208
34	1 1/9	0 8/9	100,416
35	1 6/9	1 3/9	100,624
36	2 2/9	1 7/9	100,833

F.	C.	R.	VOLUME.
37	2 7/9	2 2/9	101,040
38	3 3/9	2 6/9	101,248
39	3 8/9	3 1/9	101,459
40	4 4/9	3 5/9	101,666
41	5	4	101,872
42	5 5/9	4 4/9	102,080
43	6 1/9	4 8/9	102,290
44	6 6/9	5 3/9	102,496
45	7 2/9	5 7/9	102,708
46	7 7/9	6 2/9	102,916
47	8 3/9	6 6/9	103,124
48	8 8/9	7 1/9	103,333
49	9 4/9	7 5/9	103,536
50	10	8	103,749
51	10 5/9	8 4/9	103,952
52	11 1/9	8 8/9	104,166
53	11 6/9	9 3/9	104,368
54	12 2/9	9 7/9	104,576
55	12 7/9	10 2/9	104,791
56	13 3/9	10 6/9	104,992
57	13 8/9	11 1/9	105,200
58	14 4/9	11 5/9	105,408
59	15	12	105,616
60	15 5/9	12 4/9	105,824
61	16 1/9	12 8/9	106,032
62	16 6/9	13 3/9	106,240
63	17 2/9	13 7/9	106,448

F.	C.	R.	VOLUME.
64	17 7/9	14 2/9	106,656
65	18 3/9	14 6/9	106,864
66	18 8/9	15 1/9	107,072
67	19 4/9	15 5/9	107,280
68	20	16	107,488
69	20 5/9	16 4/9	107,696
70	21 1/9	16 8/9	107,904
71	21 6/9	17 3/9	108,112
72	22 2/9	17 7/9	108,320
73	22 7/9	18 2/9	108,528
74	23 3/9	18 6/9	108,736
75	23 8/9	19 1/9	108,944
76	24 4/9	19 5/9	109,152
77	25	20	109,360
78	25 5/9	20 4/9	109,568
79	26 1/9	20 8/9	109,776
80	26 6/9	21 3/9	109,984
81	27 2/9	21 7/9	110,192
82	27 7/9	22 2/9	110,400
83	28 3/9	22 6/9	110,608
84	28 8/9	23 1/9	110,816
85	29 4/9	23 5/9	111,024
86	30	24	111,232
87	30 5/9	24 4/9	111,440
88	31 1/9	24 8/9	111,648
89	31 6/9	25 3/9	111,856
90	32 2/9	25 7/9	112,064

F.	C.	R.	VOLUME.
91	32 7/9	26 2/9	112,272
92	33 3/9	26 6/9	112,480
93	33 8/9	27 1/9	112,688
94	34 4/9	27 5/9	112,896
95	35	28	113,104
96	35 5/9	28 4/9	113,312
97	36 1/9	28 8/9	113,520
98	36 6/9	29 3/9	113,728
99	37 2/9	29 7/9	113,936
100	37 7/9	30 2/9	114,144
111	43 3/9	34 6/9	116,224
122	48 8/9	39 1/9	118,304
133	54 4/9	43 5/9	120,384
140	60	48	122,464
150	65 5/9	52 4/9	124,544
160	71 1/9	56 8/9	126,624
170	76 6/9	61 3/9	128,704
180	82 2/9	65 7/9	130,784
190	87 7/9	70 2/9	132,864
200	93 3/9	74 6/9	134,944
210	98 8/9	79 1/9	137,024
212	100	80	137,440

« Nous ajouterons, comme complément de ce tableau, que, d'après les expériences de M. Gay Lussac, la dilatation ou l'augmentation du volume de l'air et

du gaz pour chaque degré du thermomètre centigrade, est égale à $^{375}/_{100000}$ du volume qu'ils occupent à la température de la glace fondante, et que, pour connaître cette dilatation à une température donnée par le même thermomètre, il suffit de multiplier le volume connu du gaz à la température de la glace fondante par autant de fois 0.00375 que le thermomètre marque de degrés au-dessus de cette température (*).

On peut démontrer facilement la dilatabilité de l'air, au moyen de l'appareil très-simple représenté par la *fig.* 4, *pl.* I-II. *a* est une boule de verre à laquelle est adapté un tube de même matière, dont l'extrémité ouverte, est plongée dans de l'eau ou tout autre liquide que contient le vase *b*; on applique à cette boule, la flamme d'une lampe à esprit-de-vin *c*; l'air contenu dans la boule est dilaté par la chaleur, et est par conséquent expulsé en par-

(*) « N. B. Il est utile de faire observer que, dans ce tableau, comme dans la règle que nous venons de poser, la pression de l'air ou des gaz est supposée rester la même. Si elle variait, les résultats seraient modifiés comme nous le verrons plus tard. »

tie par le tube, puisque cet air occupe alors un volume plus grand que la capacité de la boule; il s'échappe en bulles à travers le liquide. Si l'on retire la lampe, l'air qui reste dans la boule se refroidit, se contracte et reprend son volume primitif qui n'occupe plus toute la capacité de la boule, puisqu'une partie en a été expulsée; alors la pression atmosphérique exercée sur la surface du liquide, force celui-ci à monter rapidement dans le tube et dans la boule, pour y remplacer l'air expulsé, dont on connaîtra le volume en mesurant la quantité de liquide introduite; cette même quantité de liquide donnera également la mesure de la dilatation de l'air pendant l'expérience, puisque le volume de l'air expulsé est évidemment égal à cette même dilatation.

L'action insensible, mais irrésistible de la chaleur dans la distribution de la température générale du globe, est l'une des plus convaincantes démonstrations de la puissance, de la sagesse et de la bonté de la Providence.

Voici quelques exemples à l'appui de cette opinion.

La surface de la terre serait, dans beaucoup de contrées, inévitablement brûlée par

l'ardeur des rayons du soleil, s'il n'existait aucun moyen de contrebalancer cette chaleur immodérée, ou d'en enlever une portion.

En effet, l'air n'est pas susceptible de s'échauffer au même degré que la terre, par la chaleur solaire directe; et, comme la chaleur tend constamment à se mettre en équilibre, la couche d'air qui se trouve le plus près de la terre, en reçoit une partie; en conséquence, elle se dilate; et, devenant plus légère que les couches supérieures qui sont moins échauffées, elle s'élève en vertu de cette loi, indiquée tant de fois dans nos précédens Traités, et d'après laquelle les fluides les plus légers s'élèvent à travers les plus pesans. Une autre couche d'air plus froid descend donc, et prend à la surface de la terre la place de celle qui s'élève, s'échauffe de même, et s'élève, à son tour, pour être remplacée par une troisième, etc.

C'est ainsi que la terre est refroidie par l'action de l'air, dont les molécules échauffées s'élèvent dans les hautes régions de l'atmosphère, d'où les vents les dirigent dans des climats moins chauds dont elles sont destinées à tempérer la rigueur du froid.

D'un autre côté, les courans d'air froid

qui se dirigent des régions polaires à l'équateur, et traversent l'Océan, s'échauffent graduellement dans leur cours. C'est à ce phénomène qu'une partie de l'Europe, et même l'Angleterre doivent leur climat tempéré.

En effet, l'eau de la mer qui ne se gèle qu'à de très-hautes latitudes est beaucoup plus échauffée que l'air qui passe au-dessus. La tendance constante du calorique à se mettre en équilibre, fait que la couche d'air qui touche l'eau de la mer, reçoit une partie de la chaleur que cette eau contient de plus qu'elle. La couche d'air, ainsi échauffée monte, tandis que la couche d'eau qui lui a cédé une partie de son calorique descend, puisqu'elle a diminué de volume, et qu'elle est plus pesante que les couches inférieures du liquide. Alors d'autres couches d'eau plus chaudes s'élèvent à la surface de la mer, tandis que des couches d'air plus froides que celle qui s'est élevée descendent pour occuper sa place, et s'échauffer à leur tour, en enlevant à la couche supérieure de l'eau le calorique qu'elle contient en excès sur celui de l'air; et ce phénomène continue tant que l'eau de la mer est plus chaude que l'air.

Peut-être quelques-uns de nos lecteurs croiraient-ils difficilement que d'aussi lé-

gères différences dans la pesanteur spécifique de différentes portions du même fluide puissent déterminer ces courans ascendans et descendans que nous venons de signaler : quelques expériences dont nous allons les entretenir, pourront porter la conviction dans leur esprit.

Remplissez d'eau chaude un vase de verre profond ; remplissez également un tube étroit et fermé par un bout, avec de l'eau froide colorée légèrement en bleu par la teinture de tournesol ou toute autre couleur qui fasse distinguer les deux liquides l'un de l'autre. Renversez le tube et placez son extrémité ouverte sur la surface de l'eau chaude ; l'eau froide colorée descendra aussitôt, et se placera au fond du vase, tandis que l'eau chaude viendra occuper sa place dans le tube.

On pourrait objecter, à la vérité, que, dans cette expérience, la matière colorante ajoute au poids de l'eau froide. On peut facilement éviter toute erreur provenant de cette cause, en donnant aux deux liquides la même pesanteur spécifique lorsqu'ils sont à la même température, et échauffer ensuite l'un des deux ; le même phénomène se reproduira constamment.

Remplissez une petite boule de verre

ayant une ouverture étroite, avec du vin rouge, ou avec un mélange d'eau et d'esprit-de-vin, coloré par la teinture de tournesol; placez la boule, ainsi remplie, dans un vase cylindrique de verre, étroit et élevé, que vous remplirez à son tour, d'eau froide. Vous verrez immédiatement un courant ascendant du liquide coloré se diriger, de l'orifice de la boule de verre, à la surface de l'eau où il s'accumulera; tandis que l'on verra distinctement l'eau occuper sa place au fond de la boule de verre. Avec quelque attention, on verra également le courant descendant d'eau froide; et il deviendra évident que ces deux courans de liquide coloré et de liquide sans couleur, traversent tous deux en même tems, et sans se mêler, l'étroit orifice de la boule de verre. Enfin, en très-peu de tems, tout le liquide coloré occupera la surface de l'eau dans le vase cylindrique, et la boule sera entièrement remplie d'eau claire.

Cette expérience prouve qu'une très-petite différence dans la pesanteur spécifique de deux quantités d'un même fluide, détermine le plus léger à monter, et le plus pesant à descendre. Comme l'esprit-de-vin est beaucoup plus léger que l'eau,

un mélange de ce liquide avec de l'eau, dans quelque proportion que ce soit, produit nécessairement un fluide plus léger que l'eau. Dans l'expérience ci-dessus, la dose d'esprit-de-vin doit être très-petite, pour rendre aussi petite que possible, la différence de pesanteur spécifique entre les deux liquides. Il est vraiment remarquable qu'une aussi faible différence soit susceptible; non-seulement de faire monter une partie du liquide et de faire descendre l'autre, mais encore de faire passer les deux courans opposés dans une ouverture aussi étroite, sans se mêler.

CHAPITRE IV.

DU THERMOMÈTRE.

La dilatation des corps par la chaleur et leur contraction par le refroidissement, fournissent les moyens de mesurer la température. L'instrument qu'on emploie à cet

usage et dont l'action est fondée sur ce principe, prend le nom de *Thermomètre*. Il fut inventé par un médecin italien, du 17e siècle, nommé Sanctorius, qui employait l'air comme moyen de mesurer la température.

« Nous ignorons sur quel fondement les Anglais attribuent à Sanctorius l'invention du thermomètre. Rien, dans les diverses Biographies que nous avons consultées, ne paraît justifier cette assertion. Quoi qu'il en soit, nous croyons devoir consigner ici ce que nos recherches personnelles nous ont appris à ce sujet.

« L'invention du thermomètre paraît acquise à Drebbel, paysan hollandais, bien que quelques auteurs l'attribuent à Jacques Métius. Il parut pour la première fois, en 1621; d'autres disent en 1627. Trente ans après, Fontana en réclama, mais sans preuves, l'invention pour lui-même. Ce thermomètre était construit sur le même principe que celui dont les Anglais attribuent l'invention à Sanctorius, et qui, comme on le verra, se complique du baromètre, et ne se rapporte à aucun terme fixe; ce qui l'empêche d'être comparable avec lui-même, ou avec d'autres thermomètres.

« En 1657, l'Académie de Florence, imagina de construire des thermomètres avec de l'esprit-de-vin ; c'était un pas de plus ; mais les principaux inconvéniens du thermomètre de Drebbel s'y faisaient encore remarquer. Vers la fin du même siècle, Amontons conçut enfin l'idée d'un thermomètre comparable, c'est-à-dire, se rapportant à des termes fixes et connus. Il en basa la construction sur deux découvertes qui lui appartenaient ; savoir, que la dilatation de l'air par la chaleur, est presque en raison directe de sa densité, et que la température de l'eau ne s'élève plus lorsqu'elle est arrivée au point de l'ébullition. Cette heureuse donnée n'eut cependant pour résultat, que de mettre sur la voie ceux qui, après Amontons, voulurent perfectionner le thermomètre.

« On croit que Rénaldin est le premier qui, en 1694, ait eu l'idée, réalisée par Newton en 1701, de prendre pour points fixes la glace fondante et l'eau bouillante. Vint ensuite Fahrenheit qui, en 1720, reconnut que la dilatation régulière du mercure, le rendait propre au perfectionnement du thermomètre.

« Réaumur, en suivant les errremens d'Amontons et de Rénaldin, préféra ce-

pendant l'alcohol au mercure. Delisle revint à celui-ci, ainsi que Deluc qui améliora le thermomètre de Réaumur, au point d'en changer presque entièrement la construction. Cependant on continue de donner à ce thermomètre, le nom de ce dernier physicien.

« Mais revenons au thermomètre de Drebbel, ou, suivant l'auteur anglais, au thermomètre de Sanctorius. »

Cet instrument, connu sous le nom de *thermomètre à air*, consiste en un vase ou bouteille de verre *a*, *fig.* 10, *pl.* I-II, contenant un liquide coloré. A travers le col étroit de ce vase, passe un long tube de verre dont l'extrémité inférieure est ouverte, et plonge dans le liquide coloré; ce tube est terminé à sa partie supérieure par une boule de verre *b*; enfin, une échelle *c*, divisée en degrés égaux, est appliquée le long du tube; on échauffe la boule *b* afin d'en expulser une partie de l'air qu'elle contient, ce qui permet à une partie du liquide coloré de s'élever dans le tube.

Cette colonne liquide indique les plus petites variations de température, en s'élevant lorsque celle-ci diminue, et en s'abaissant lorsqu'elle augmente: car lorsque

la température devient plus grande, elle dilate l'air contenu dans la boule *b*; celui-ci prenant alors un volume plus considérable, presse sur la colonne liquide, et la force à descendre; si, au contraire, la température diminue, l'air de la boule de verre se contracte, occupe moins de place et permet au liquide coloré de s'élever.

« Il est utile de faire observer que, comme c'est la pression atmosphérique qui fait monter le liquide dans le tube, le col du vase *a* ne doit pas être entièrement fermé, afin de laisser entre la surface du liquide, et l'air extérieur, une communication suffisante. »

Cet instrument n'est pas susceptible de mesurer de grandes différences de température; et il présente d'ailleurs de graves inconvéniens; néanmoins son extrême sensibilité le rend appliquable dans beaucoup de cas.

Les membres de l'*Académie del Cimento*, à Florence, substituèrent, à l'air, l'esprit-de-vin coloré; et, pour éviter la complication des effets de la pression atmosphérique avec ceux de la température, ils fermèrent hermétiquement le tube. Halley et Newton préférèrent le mercure à l'alcohol; et cette préférence s'est maintenue

jusqu'à nos jours. Cependant on emploie encore le thermomètre à esprit-de-vin pour les basses températures : les thermomètres à mercure sont préférables pour les températures élevées.

Quel que soit le fluide qu'on emploie, la forme de l'instrument peut toujours être la même : c'est un tube de verre ayant, à l'une de ses extrémités, une boule de même matière, ou bien un cylindre (cette forme est considérée comme la meilleure), ou, enfin, cette extrémité s'enroule sur elle-même et forme une spirale.

La *fig.* 6, *pl.* I–II, représente un thermomètre à mercure, dont l'échelle est en partie mobile.

Le tube doit avoir un diamètre égal dans toute sa longueur ; mais comme il est difficile, pour ne pas dire impossible de trouver de pareils tubes, il est nécessaire d'en déterminer les irrégularités, afin de les compenser dans la graduation de l'échelle.

Voici donc comment on procède à la construction de cet instrument :

On prend un tube de verre dont la boule n'est pas encore soufflée, et on plonge l'extrémité où cette boule doit être formée, dans du mercure, à environ un demi-pouce de profondeur au-dessous du ni-

veau du liquide ; de sorte qu'en plaçant le doigt sous l'orifice du tube, on le retire avec une petite colonne de mercure, occupant environ un demi-pouce de longueur dans l'intérieur du verre.

Cela fait, on fait glisser cette petite colonne, à deux pouces environ de l'extrémité du tube, qui doit servir à souffler la boule, et l'on fait, en cet endroit, un trait sur le tube avec une lime ou un diamant.

On couche alors le tube sur la planche d'ivoire, de cuivre ou de bois, sur laquelle on doit marquer les degrés de l'échelle, de manière que l'extrémité inférieure de la colonne de mercure corresponde à l'extrémité inférieure de cette échelle. Au moyen d'une pointe très-fine, on marque, sur cette échelle, l'extrémité supérieure de la colonne de mercure; puis on incline doucement le tube, et, en le frappant légèrement, on fait encore glisser la petite colonne de mercure, jusqu'à ce que son extrémité inférieure corresponde à la division marquée auparavant sur l'extrémité supérieure ; on marque encore celle-ci dans la nouvelle position qu'elle occupe ; et l'on continue ainsi jusqu'à ce que le tube soit

divisé dans toute la longueur qu'on veut lui laisser.

Lorsqu'on a bien divisé le tube, on souffle, au moyen d'un chalumeau, la boule de verre qui doit le terminer. Il faut alors remplir cette boule avec du mercure ; pour cela on attache, à l'extrémité ouverte du tube, un cornet de papier en forme d'entonnoir (ou bien on évase cette extrémité même à la lampe d'émailleur), dans lequel on met du mercure ; on échauffe la boule, l'air qui s'y trouve se dilate, et il en sort une partie ; on laisse refroidir, et l'air, en se contractant, permet au mercure de se rendre dans la boule ; on échauffe de nouveau celle-ci jusqu'à ce que le mercure y bouille ; ce qui détermine l'expulsion d'une plus grande quantité d'air ; le refroidissement fait alors entrer beaucoup plus de mercure, qui, après divers échauffemens et refroidissemens successifs, remplit enfin la boule. On le fait alors bouillir de nouveau jusqu'à ce qu'il déborde l'extrémité supérieure du tube qu'on a eu soin d'effiler au chalumeau, au moyen duquel on fait fondre la pointe du tube qui se trouve ainsi hermétiquement bouché.

Pour diviser l'échelle du thermomètre, il faut d'abord reconnaître les deux points

du tube auxquels s'arrête la colonne de mercure lorsqu'elle est échauffée à la température de l'eau bouillante ou refroidie à celle de la formation de la glace. Pour y parvenir, on plonge d'abord l'instrument dans de la neige ou de la glace fondante; on l'y laisse quelque tems; puis, lorsque le mercure cesse de descendre et devient stationnaire, on fait, sur le verre du tube, une marque au point où la colonne s'est arrêtée. Ce point est celui qui indique le zéro du thermomètre ou la formation de la glace; alors on plonge le thermomètre dans de l'eau bouillante, et on l'y laisse encore jusqu'à ce que la colonne de mercure cesse de monter et devienne également stationnaire; c'est alors le degré de l'eau bouillante, et on le marque encore sur le tube.

« Si le diamètre intérieur de ce tube est le même partout, on divise sa longueur entre ces deux points, en 100 parties égales, et l'on a ainsi un thermomètre centigrade; ou en 80 parties pour faire un thermomètre de Réaumur; ou enfin en 180 pour avoir un thermomètre de Fahrenheit.

« On voit que ces trois thermomètres ne diffèrent entre eux que par le nombre de degrés qu'ils indiquent entre la tempéra-

ture de la glace fondante et celle de l'eau bouillante. Les deux premiers sont généralement employés en France où les savans ont adopté le thermomètre centigrade, parce qu'il offre d'abord un plus grand nombre de degrés entre les termes fixes, et parce qu'il est plus en rapport avec le système décimal devenu le système légal français.

« L'habitude a néanmoins conservé au thermomètre dit de Réaumur, son ancienne popularité, et c'est encore celui qu'on trouve cité dans beaucoup d'ouvrages modernes sur les sciences.

« Enfin le thermomètre de Fahrenheit est généralement adopté en Angleterre, où l'on commence cependant à faire usage du thermomètre centigrade. Dans ce thermomètre, le 0 est à 32 degrés au-dessous du point de la congélation de l'eau, de sorte que le 32e degré de l'échelle de Fahrenheit correspond au 0 des thermomètres centigrade et de Réaumur. Fahrenheit choisit ce point de départ pour son échelle, parce que c'était alors le plus grand degré de froid qu'on pût produire; on l'obtient par un mélange de sel commun et de neige. Aujourd'hui on connaît des mélanges frigorifiques qui produisent un re-

froidissement beaucoup plus considérable ; nous les indiquerons à la fin de ce traité. Dans ce même thermomètre la température de l'eau bouillante est indiquée par le 212e degré.

« Enfin chacun de ces thermomètres porte une autre échelle descendante, à partir du 0, pour indiquer la température inférieure au degré choisi pour point de départ.

« D'après les indications que nous venons de donner sur les divisions de chacun de ces thermomètres, on en trouvera facilement la concordance, car il suffit de savoir que chaque degré du thermomètre centigrade équivaut à $^4/_5$ de chaque degré du thermomètre de Réaumur ; qu'enfin chaque degré du thermomètre de Fahrenheit équivaut à $^5/_9$ de chaque degré du thermomètre centigrade, ou à $^4/_9$ de chaque degré de Réaumur.

« Cependant il arrive à chaque instant que, dans l'étude des sciences, on a besoin de faire sur-le-champ des réductions de ce genre, qui deviendraient fastidieuses si l'on avait, comme cela arrive souvent, de longues séries de degrés à réduire ; ainsi, pour adapter les résultats indiqués à l'échelle thermométrique avec la-

quelle on est le plus familiarisé, nous avons cru convenable de donner ici la concordu thermomètre de Fahrenheit avec les thermomètres centigrade et de Réaumur. On pourra ainsi lire avec fruit les ouvrages anglais, ou leurs traductions, où l'on n'emploie que l'échelle de Fahrenheit.

« On remarquera que, dans ce tableau, chaque degré des divers thermomètres est accompagné du signe + ou du signe —. Le premier annonce que la température indiquée par le degré qu'il accompagne est au-dessus du 0 du thermomètre ; le second annonce que la température indiquée est au-dessous de ce même 0. »

Digitized by Google

TABLEAU des Concordances.

F.		C.		R.
+ 212	=	+ 100	=	+ 80
+ 211	=	+ 99 4/9	=	+ 79 5/9
+ 210	=	+ 98 8/9	=	+ 79 1/9
+ 209	=	+ 98 3/9	=	+ 78 6/9
+ 208	=	+ 97 7/9	=	+ 78 2/9
+ 207	=	+ 97 2/9	=	+ 77 7/9
+ 206	=	+ 96 6/9	=	+ 77 3/9
+ 205	=	+ 96 1/9	=	+ 76 8/9
+ 204	=	+ 95 5/9	=	+ 76 4/9
+ 203	=	+ 95	=	+ 76
+ 202	=	+ 94 4/9	=	+ 75 5/9
+ 201	=	+ 93 8/9	=	+ 75 1/9
+ 200	=	+ 93 3/9	=	+ 74 6/9
+ 199	=	+ 92 7/9	=	+ 74 2/9
+ 198	=	+ 92 2/9	=	+ 73 7/9
+ 197	=	+ 91 6/9	=	+ 73 3/9
+ 196	=	+ 91 1/9	=	+ 72 8/9
+ 195	=	+ 90 5/9	=	+ 72 4/9
+ 194	=	+ 90	=	+ 72
+ 193	=	+ 89 4/9	=	+ 71 5/9
+ 192	=	+ 88 8/9	=	+ 71 1/9
+ 191	=	+ 88 3/9	=	+ 70 6/9
+ 190	=	+ 87 7/9	=	+ 70 2/9
+ 189	=	+ 87 2/9	=	+ 69 7/9
+ 188	=	+ 86 6/9	=	+ 69 3/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 187	=	+ 86 1/9	=	+ 68 8/9
+ 186	=	+ 85 5/9	=	+ 68 4/9
+ 185	=	+ 85	=	+ 68
+ 184	=	+ 84 4/9	=	+ 67 5/9
+ 183	=	+ 83 8/9	=	+ 67 1/9
+ 182	=	+ 83 3/9	=	+ 66 6/9
+ 181	=	+ 82 7/9	=	+ 66 2/9
+ 180	=	+ 82 2/9	=	+ 65 7/9
+ 179	=	+ 81 6/9	=	+ 65 3/9
+ 178	=	+ 81 1/9	=	+ 64 8/9
+ 177	=	+ 80 5/9	=	+ 64 4/9
+ 176	=	+ 80	=	+ 64
+ 175	=	+ 79 4/9	=	+ 63 5/9
+ 174	=	+ 78 8/9	=	+ 63 1/9
+ 173	=	+ 78 3/9	=	+ 62 6/9
+ 172	=	+ 77 7/9	=	+ 62 2/9
+ 171	=	+ 77 2/9	=	+ 61 7/9
+ 170	=	+ 76 6/9	=	+ 61 3/9
+ 169	=	+ 76 1/9	=	+ 60 8/9
+ 168	=	+ 75 5/9	=	+ 60 4/9
+ 167	=	+ 75	=	+ 60
+ 166	=	+ 74 4/9	=	+ 59 5/9
+ 165	=	+ 73 8/9	=	+ 59 1/9
+ 164	=	+ 73 3/9	=	+ 58 6/9
+ 163	=	+ 72 7/9	=	+ 58 2/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 162	=	+ 72 2/9	=	+ 57 7/9
+ 161	=	+ 71 6/9	=	+ 57 3/9
+ 160	=	+ 71 1/9	=	+ 56 8/9
+ 159	=	+ 70 5/9	=	+ 56 4/9
+ 158	=	+ 70	=	+ 56
+ 157	=	+ 69 4/9	=	+ 55 5/9
+ 156	=	+ 68 8/9	=	+ 55 1/9
+ 155	=	+ 68 3/9	=	+ 54 6/9
+ 154	=	+ 67 7/9	=	+ 54 2/9
+ 153	=	+ 67 2/9	=	+ 53 7/9
+ 152	=	+ 66 6/9	=	+ 53 3/9
+ 151	=	+ 66 1/9	=	+ 52 8/9
+ 150	=	+ 65 5/9	=	+ 52 4/9
+ 149	=	+ 65	=	+ 52
+ 148	=	+ 64 4/9	=	+ 51 5/9
+ 147	=	+ 63 8/9	=	+ 51 1/9
+ 146	=	+ 63 3/9	=	+ 50 6/9
+ 145	=	+ 62 7/9	=	+ 50 2/9
+ 144	=	+ 62 2/9	=	+ 49 7/9
+ 143	=	+ 61 6/9	=	+ 49 3/9
+ 142	=	+ 61 1/9	=	+ 48 8/9
+ 141	=	+ 60 5/9	=	+ 48 4/9
+ 140	=	+ 60	=	+ 48
+ 139	=	+ 59 4/9	=	+ 47 5/9
+ 138	=	+ 58 8/9	=	+ 47 1/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 137	=	+ 58 3/9	=	+ 46 6/9
+ 136	=	+ 57 7/9	=	+ 46 2/9
+ 135	=	+ 57 2/9	=	+ 45 7/9
+ 134	=	+ 56 6/9	=	+ 45 3/9
+ 133	=	+ 56 1/9	=	+ 44 8/9
+ 132	=	+ 55 5/9	=	+ 44 4/9
+ 131	=	+ 55	=	+ 44
+ 130	=	+ 54 4/9	=	+ 43 5/9
+ 129	=	+ 53 8/9	=	+ 43 1/9
+ 128	=	+ 53 3/9	=	+ 42 6/9
+ 127	=	+ 52 7/9	=	+ 42 2/9
+ 126	=	+ 52 2/9	=	+ 41 7/9
+ 125	=	+ 51 6/9	=	+ 41 3/9
+ 124	=	+ 51 1/9	=	+ 40 8/9
+ 123	=	+ 50 5/9	=	+ 40 4/9
+ 122	=	+ 50	=	+ 40
+ 121	=	+ 49 4/9	=	+ 39 5/9
+ 120	=	+ 48 8/9	=	+ 39 1/9
+ 119	=	+ 48 3/9	=	+ 38 6/9
+ 118	=	+ 47 7/9	=	+ 38 2/9
+ 117	=	+ 47 2/9	=	+ 37 7/6
+ 116	=	+ 46 6/9	=	+ 37 3/9
+ 115	=	+ 46 1/9	=	+ 36 8/9
+ 114	=	+ 45 5/9	=	+ 36 4/9
+ 113	=	+ 45	=	+ 36

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 112	=	+ 44 4/9	=	+ 35 5/9
+ 111	=	+ 43 8/9	=	+ 35 1/9
+ 110	=	+ 43 3/9	=	+ 34 6/9
+ 109	=	+ 42 7/9	=	+ 34 2/9
+ 108	=	+ 42 2/9	=	+ 33 7/9
+ 107	=	+ 41 6/9	=	+ 33 3/9
+ 106	=	+ 41 1/9	=	+ 32 8/9
+ 105	=	+ 40 5/9	=	+ 32 4/9
+ 104	=	+ 40	=	+ 32
+ 103	=	+ 39 4/9	=	+ 31 5/9
+ 102	=	+ 38 8/9	=	+ 31 1/9
+ 101	=	+ 38 3/9	=	+ 30 6/9
+ 100	=	+ 37 7/9	=	+ 30 2/9
+ 99	=	+ 37 2/9	=	+ 29 7/9
+ 98	=	+ 36 6/9	=	+ 29 3/9
+ 97	=	+ 36 1/9	=	+ 28 8/9
+ 96	=	+ 35 5/9	=	+ 28 4/9
+ 95	=	+ 35	=	+ 28
+ 94	=	+ 34 4/9	=	+ 27 5/9
+ 93	=	+ 33 8/9	=	+ 27 1/9
+ 92	=	+ 33 3/9	=	+ 26 6/9
+ 91	=	+ 32 7/9	=	+ 26 2/9
+ 90	=	+ 32 2/9	=	+ 25 7/9
+ 89	=	+ 31 6/9	=	+ 25 3/9
+ 88	=	+ 31 1/9	=	+ 24 8/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 87	=	+ 30 5/9	=	+ 24 4/9
+ 86	=	+ 30	=	+ 24
+ 85	=	+ 29 4/9	=	+ 23 5/9
+ 84	=	+ 28 8/9	=	+ 23 1/9
+ 83	=	+ 28 3/9	=	+ 22 6/9
+ 82	=	+ 27 7/9	=	+ 22 2/9
+ 81	=	+ 27 2/9	=	+ 21 7/9
+ 80	=	+ 26 6/9	=	+ 21 3/9
+ 79	=	+ 26 1/9	=	+ 20 8/9
+ 78	=	+ 25 5/9	=	+ 20 4/9
+ 77	=	+ 25	=	+ 20
+ 76	=	+ 24 4/9	=	+ 19 5/9
+ 75	=	+ 23 8/9	=	+ 19 1/9
+ 74	=	+ 23 3/9	=	+ 18 6/9
+ 73	=	+ 22 7/9	=	+ 18 2/9
+ 72	=	+ 22 2/9	=	+ 17 7/9
+ 71	=	+ 21 6/9	=	+ 17 3/9
+ 70	=	+ 21 1/9	=	+ 16 8/9
+ 69	=	+ 20 5/9	=	+ 16 4/9
+ 68	=	+ 20	=	+ 16
+ 67	=	+ 19 4/9	=	+ 15 5/9
+ 66	=	+ 18 8/9	=	+ 15 1/9
+ 65	=	+ 18 3/9	=	+ 14 6/9
+ 64	=	+ 17 7/9	=	+ 14 2/9
+ 63	=	+ 17 2/9	=	+ 13 7/9

Suite du *TABLEAU des Concordances*.

F.		C.		R.
+ 62	=	+ 16 6/9	=	+ 13 3/9
+ 61	=	+ 16 1/9	=	+ 12 8/9
+ 60	=	+ 15 5/9	=	+ 12 4/9
+ 59	=	+ 15	=	+ 12
+ 58	=	+ 14 4/9	=	+ 11 5/9
+ 57	=	+ 13 8/9	=	+ 11 1/9
+ 56	=	+ 13 3/9	=	+ 10 6/9
+ 55	=	+ 12 7/9	=	+ 10 2/9
+ 54	=	+ 12 2/9	=	+ 9 7/9
+ 53	=	+ 11 6/9	=	+ 9 3/9
+ 52	=	+ 11 1/9	=	+ 8 8/9
+ 51	=	+ 10 5/9	=	+ 8 4/9
+ 50	=	+ 10	=	+ 8
+ 49	=	+ 9 4/9	=	+ 7 5/9
+ 48	=	+ 8 8/9	=	+ 7 1/9
+ 47	=	+ 8 3/9	=	+ 6 6/9
+ 46	=	+ 7 7/9	=	+ 6 2/9
+ 45	=	+ 7 2/9	=	+ 5 7/9
+ 44	=	+ 6 6/9	=	+ 5 3/9
+ 43	=	+ 6 1/9	=	+ 4 8/9
+ 42	=	+ 5 5/9	=	+ 4 4/9
+ 41	=	+ 5	=	+ 4
+ 40	=	+ 4 4/9	=	+ 3 5/9
+ 39	=	+ 3 8/9	=	+ 3 1/9
+ 38	=	+ 3 3/9	=	+ 2 6/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 37	=	+ 2 7/9	=	+ 2 2/9
+ 36	=	+ 2 2/9	=	+ 1 7/9
+ 35	=	+ 1 6/9	=	+ 1 3/9
+ 34	=	+ 1 1/9	=	+ 0 8/9
+ 33	=	+ 0 5/9	=	+ 0 4/9
+ 32	=	0	=	0
+ 31	=	— 0 5/9	=	— 0 4/9
+ 30	=	— 1 1/9	=	— 0 8/9
+ 29	=	— 1 6/9	=	— 0 3/9
+ 28	=	— 2 2/9	=	— 1 7/9
+ 27	=	— 2 7/9	=	— 2 2/9
+ 26	=	— 3 3/9	=	— 2 6/9
+ 25	=	— 3 8/9	=	— 3 1/9
+ 24	=	— 4 4/9	=	— 3 5/9
+ 23	=	— 5	=	— 4
+ 22	=	— 5 5/9	=	— 4 4/9
+ 21	=	— 6 1/9	=	— 4 8/9
+ 20	=	— 6 6/9	=	— 5 3/9
+ 19	=	— 7 2/9	=	— 5 7/9
+ 18	=	— 7 7/9	=	— 6 2/9
+ 17	=	— 8 3/9	=	— 6 6/9
+ 16	=	— 8 8/9	=	— 7 1/9
+ 15	=	— 9 4/9	=	— 7 5/9
+ 14	=	— 10	=	— 8
+ 13	=	— 10 5/9	=	— 8 4/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
+ 12	= —	11 1/9	= —	8 8/9
+ 11	= —	11 6/9	= —	9 3/9
+ 10	= —	12 2/9	= —	9 7/9
+ 9	= —	12 7/9	= —	10 2/9
+ 8	= —	13 3/9	= —	10 6/9
+ 7	= —	13 8/9	= —	11 1/9
+ 6	= —	14 4/9	= —	11 5/9
+ 5	= —	15	= —	12
+ 4	= —	15 5/9	= —	12 4/9
+ 3	= —	16 1/9	= —	12 8/9
+ 2	= —	16 6/9	= —	13 3/9
+ 1	= —	17 2/9	= —	13 7/9
0	= —	17 7/9	= —	14 2/9
— 1	= —	18 3/9	= —	14 6/9
— 2	= —	18 8/9	= —	15 1/9
— 3	= —	19 4/9	= —	15 5/9
— 4	= —	20	= —	16
— 5	= —	20 5/9	= —	16 4/9
— 6	= —	21 1/9	= —	16 8/9
— 7	= —	21 6/9	= —	17 3/9
— 8	= —	22 2/9	= —	17 7/9
— 9	= —	22 7/9	= —	18 2/9
— 10	= —	23 3/9	= —	18 6/9
— 11	= —	23 8/9	= —	19 1/9
— 12	= —	24 4/9	= —	19 5/9

Suite du *TABLEAU des Concordances.*

F.		C.		R.
— 13	=	— 25	=	— 20
— 14	=	— 25 5/9	=	— 20 4/9
— 15	=	— 26 1/9	=	— 20 8/9
— 16	=	— 26 6/9	=	— 21 3/9
— 17	=	— 27 2/9	=	— 21 7/9
— 18	=	— 27 7/9	=	— 22 2/9
— 19	=	— 28 3/9	=	— 22 6/9
— 20	=	— 28 8/9	=	— 23 1/9
— 21	=	— 29 4/9	=	— 23 5/9
— 22	=	— 30	=	— 24
— 23	=	— 30 5/9	=	— 24 4/9
— 24	=	— 31 1/9	=	— 24 8/9
— 25	=	— 31 6/9	=	— 25 3/9
— 26	=	— 32 2/9	=	— 25 7/9
— 27	=	— 32 7/9	=	— 26 2/9
— 28	=	— 33 3/9	=	— 26 6/9
— 29	=	— 33 8/9	=	— 27 1/9
— 30	=	— 34 4/9	=	— 27 5/9
— 31	=	— 35	=	— 28
— 32	=	— 35 5/9	=	— 28 4/9
— 33	=	— 36 1/9	=	— 28 8/9
— 34	=	— 36 6/9	=	— 29 3/9
— 35	=	— 37 2/9	=	— 29 7/9
— 36	=	— 37 7/9	=	— 30 2/9
— 37	=	— 38 3/9	=	— 30 6/9

Suite du *TABLEAU des Concordances*.

F.		C.		R.
— 38	=	— 38 $^{8}/_{9}$	=	— 31 $^{1}/_{9}$
— 39	=	— 39 $^{4}/_{9}$	=	— 31 $^{5}/_{9}$
— 40	=	— 40	=	— 32

—

Le docteur Murray a proposé un échelle qui, suivant lui, offrirait les avantages des échelles centigrade et de Fahrenheit, sans présenter leurs inconvéniens. D'après son plan, au lieu de la congélation et de l'ébullition de l'eau, on prendrait pour points fixes la congélation et l'ébullition du mercure; ce qui donnerait un très-grand jeu à la colonne thermométrique et permettrait de la diviser en 1000 parties ou degrés.

Comme le mercure se dilate plus uniformément qu'aucun autre liquide, et qu'il peut occuper un plus grand espace dans le tube entre les deux points de sa congélation et de son ébullition, on emploie généralement, comme plus utiles, les thermomètres à mercure. Mais lorsqu'on a à mesurer de très-basses températures, les

thermomètres à alcohol sont préférables, parce qu'on n'a encore trouvé aucun moyen de congeler ce liquide.

Halley, Brook, Taylor, Black et autres savans, ont fait un grand nombre d'expériences pour s'assurer si la dilatation et la contraction du mercure sont les mêmes à toutes les températures, pour une égale quantité de calorique qu'on donnerait ou qu'on ôterait à ce métal.

L'expérience la plus décisive, et la plus souvent répétée fut celle-ci. Ils prenaient un thermomètre gradué avec le plus grand soin, le plongeaient dans l'eau chaude, et marquaient le point où s'arrêtait la colonne de mercure. Ils le plongeaient ensuite dans un poids égal d'eau froide, et marquaient de même le point où la colonne de mercure s'arrêtait. Ils mêlaient ensuite les deux quantités d'eau chaude et froide, et y plongeaient encore le thermomètre pour reconnaître la température du mélange. Si cette température était la moyenne entre les températures des deux liquides séparés, ils considéraient comme correcte l'indication du thermomètre, relativement aux changemens de température.

On devait se tenir en garde contre beaucoup de sources d'erreurs dans cette expé-

rience ; aussi les résultats furent-ils différens, et les opinions furent-elles encore plus diverses.

Deluc pensa que le liquide du thermomètre ne se dilate pas également lorsqu'on y applique une même quantité de chaleur. Cependant le mercure, suivant lui, est le liquide qui offre le moins d'irrégularité dans sa dilatation.

Deux poids égaux d'eau à la température de $+93^{\circ}\ 7/9$ T. C., et $7^{\circ}\ 2/9$ étant mêlés ensemble, indiquaient au thermomètre une température plus basse de $1^{\circ}\ 3/9$ que ne l'indiquait la théorie ; et des expériences nombreuses répétées sur d'autres températures, donnèrent des résultats analogues.

Deluc pensait qu'on ne pouvait pas compter sur les expériences du genre de celle que nous venons de décrire ; parce qu'elles reposaient sur la présomption, erronée suivant lui, que la capacité de l'eau pour le calorique est la même à tous les degrés de température à laquelle on peut soumettre ce liquide. Il pensait au contraire que cette capacité augmente avec la température.

En mêlant deux quantités égales d'eau, à différentes températures, il doit en résulter pour le mélange, suivant Deluc,

une diminution de capacité pour le calorique, et, par conséquent, une certaine quantité de chaleur doit être rendue sensible, ce qui fait paraître la température du mélange plus élevée qu'elle ne devrait l'être.

Crawford, pour lever cette objection, se servit d'air refroidi par la neige à 0° T. C. et d'air chauffé par la vapeur à + 100° T. C. La température du mélange indiquée par le thermomètre, pendant 15 minutes, fut + 49° $^1/_9$, c'est-à-dire $^4/_9$ plus bas que ne l'indique la théorie. Crawford explique ce phénomène en l'attribuant à l'échauffement du mercure et du tube du thermomètre, par le calorique du mélange qui se trouvait ainsi diminué de tout ce que le thermomètre lui avait enlevé pour établir l'équilibre de température.

De nouvelles expériences, faites avec les précautions les plus minutieuses, par MM. Dulong et Petit ainsi que par le docteur Ure, ont prouvé que les légères irrégularités qu'offre la dilatation du mercure dans le thermomètre, sont compensées par la dilatation du verre et par la diminution de la masse du mercure dans la boule, à mesure que la température augmente, de sorte que le thermomètre à

mercure peut être considéré comme un indicateur exact des changemens de température.

Le thermomètre d'air a été l'objet de diverses modifications. Celles que M. Leslie lui a fait subir sont considérées comme les plus utiles. Le thermomètre construit sur les principes établis par ce physicien, prend le nom de *thermomètre différentiel*; et consiste en un tube de verre, courbé deux fois à angle droit, et dont les deux branches sont terminées chacune par une boule très-mince. Il contient une certaine quantité d'acide sulfurique coloré en rouge avec du carmin; sa construction est très-difficile et exige une grande habileté; enfin, il est muni d'une échelle divisée en 100 degrés, et adaptée à un support de bois, *fig.* 7, *pl.* I–II.

Les deux boules de l'instrument étant exposées à la même température, il ne donne aucune indication, ou, pour mieux dire, l'état stationnaire du liquide au même niveau dans les deux branches annonce que la température des deux boules, quelle qu'elle soit, est la même : mais aussitôt que l'une d'elles est exposée à une température plus haute que l'autre, la différence entre ces deux températures est

indiquée avec la plus grande précision par la descente du liquide dans la branche dont la boule est le plus échauffée.

Cet instrument n'étant affecté ni par la pression atmosphérique, ni par les variations de la température de l'air, est admirablement adapté aux expériences sur le calorique rayonnant dont nous parlerons plus loin.

Une autre modification apportée au thermomètre à air, est due au docteur Howard; elle consiste principalement à faire l'une des branches du tube plus courte que l'autre, et à tenir, par conséquent, l'une des boules dans une position inférieure relativement à l'autre; au lieu d'acide sulfurique, il emploie l'alcohol ou mieux l'éther coloré, qu'on fait préalablement bouillir pour en chasser tout l'air avant de fermer le tube avec le chalumeau. Ce thermomètre est représenté *pl.* I-II, *fig.* 8.

On a aussi imaginé divers autres instrumens destinés à indiquer les variations de la température, et qui sont construits sur le principe de la dilatabilité différente de divers métaux. M. Chrichton de Glascow, a combiné, dans ce but, de petites plaques oblongues de zinc et d'acier, qui

forment un barreau dont l'une des extrémités est fortement fixée contre le cadre de l'instrument. L'autre extrémité est appliquée à un index mobile ; de sorte que la courbure imprimée au barreau par l'excès de la dilatation du zinc sur celle de l'acier, détermine le mouvement de l'index sur un arc gradué qui indique ainsi les plus petites variations de température, puisque l'on peut faire l'index et l'arc gradué aussi grands qu'on le veut.

Un autre thermomètre métallique est dû à Breguet, célèbre horloger français dont les sciences déplorent la perte récente. Il est composé de trois petites bandes d'argent, d'or et de platine, superposées, unies ensemble par pression, à une très-haute température, et réduites, par le laminage, à $^1/_{100}$ de ligne d'épaisseur. Ce système est ensuite roulé en spire, et maintenu dans cet état par un recuit modéré. Alors on le suspend à un support fixe, et l'on attache au bas une aiguille métallique horizontale, pour servir d'index sur un cercle gradué. (Voyez *fig.* 9, planche I-II.)

Enfin, pour empêcher le spire de vaciller, il est traversé, dans toute sa longueur, par une tige d'acier, d'un dia-

mètre beaucoup plus étroit que l'intérieur du spire.

« Lorsque cet instrument est exposé à une température constante, il prend le degré d'allongement et de courbure que détermine la dilatabilité des lames métalliques superposées ; mais pour peu que la température varie, les spires se tordent ou se détordent, et aussitôt l'index marche. Si, par exemple, la lame extérieure est celle d'argent, l'augmentation de la température augmente la courbure, et les spires se tordent ; si la température diminue, la courbure devient moindre et les spires se détordent.

« Rien n'est comparable à la délicatesse de cet instrument qui est affecté d'une manière très-sensible par les plus petites variations de température.

« Si l'on compare les mouvemens de l'index avec les variations de température observées au moyen d'un thermomètre ordinaire, on pourra, jusqu'à un certain point, en déduire la marche de l'instrument. Nous disons jusqu'à un certain point, parce que les plus petites causes, un léger choc, un simple ballottement peuvent, sans lui rien ôter de son extrême sensibilité, déterminer des différences notables

dans sa marche pour les mêmes températures. En un mot, le thermomètre métallique de Breguet n'est comparable qu'avec lui-même; et souvent encore cesse-t-il de l'être dans le cours de la même expérience, pour peu qu'on l'ait déplacé ou remué sans de grandes précautions.

« Toutefois cet instrument n'est pas l'un des moins utiles que l'on puisse consulter; sa grande surface, et son peu de masse le rendent propre à indiquer subitement les plus légères variations de température: par exemple, si on le met sous le récipient de la machine pneumatique, et si on fait promptement le vide, l'index marque aussitôt un abaissement de température considérable. Mais bientôt l'équilibre de température se rétablit, et l'index revient à son point de départ. Si l'on rend l'air au récipient, l'index indique une élévation de température aussi subite que l'avait été le refroidissement. »

D'autres modifications ont encore été apportées aux thermomètres pour les rendre applicables aux procédés des arts, ou à quelques expériences particulières, mais ce n'est point ici le cas de les décrire: ils trouveront leur place dans les divers traités de notre Collection.

De toutes les inventions destinées à mesurer les hauts degrés de température, la plus en usage est le *pyromètre* * de Wedgewood.

Les indications données par cet appareil sont dues à la contraction qu'éprouve l'argile pure lorsqu'elle est soumise à un haut degré de température. On commence à observer ce phénomène lorsque l'argile a été soumise à la température de la chaleur rouge, et cette contraction augmente jusqu'à ce que l'argile se vitrifie; époque à laquelle elle a perdu un quart de son volume primitif.

Pour tirer parti de cette propriété de l'argile, Wedgewood imagina de construire une espèce de gouttière formée de deux règles de cuivre d'environ deux pieds, appliquées sur une plaque de même métal, et un peu plus rapprochées à l'une de leurs extrémités qu'à l'autre; de sorte que le plus grand espace entre les deux règles, à l'un des bouts de l'instrument est de $^5/_{10}$ de pouce, et le plus petit espace à l'autre bout est de $^3/_{10}$ de pouce. Ces deux

(*) De deux mots grecs, *pur*, feu, et *metron*, mesure.

règles convergentes sont divisées en pouces et en dixièmes de pouce ; enfin l'argile dont la contraction doit servir à mesurer la température existante dans un fourneau quelconque, est façonnée en petits cylindres qui, avant d'avoir été exposés au feu, ont pour diamètre exact la distance la plus grande entre les deux règles, entre lesquels chaque cylindre doit glisser plus ou moins loin, selon qu'il a été soumis à une température plus ou moins élevée, et s'est par conséquent plus ou moins contracté.

Les divisions marquées sur cet instrument donnent l'indication de la température comparative produite dans différens cas. Mais pour obtenir les indications les plus exactes que ce pyromètre puisse fournir, il était nécessaire que les degrés de son échelle eussent un rapport déterminé avec l'échelle d'un thermomètre ordinaire. Wedgewood remarqua que la température qui faisait monter le thermomètre de 0 à 100°, dilatait une pièce d'argent du 0 au 66e degré d'une certaine échelle thermométrique, et qu'enfin la température qui dilatait la pièce d'argent de 0 au 66e degré de cette dernière échelle, correspondait à 2 degrés 1/4 de l'échelle du pyromètre. Par ce moyen, et après beaucoup

d'autres expériences analogues, il reconnut que chaque degré de son pyromètre représente 72° T.C. Enfin, il choisit comme point de départ la chaleur rouge, visible à la lumière du jour et qui correspond à 580° T.C.

Le tableau suivant, indiquant les effets produits par la chaleur sur différens corps à certaines températures, est extrait du *Système de Chimie de Murray*. La température est indiquée en degrés du pyromètre de Wedgewood et du thermomètre centigrade.

	Wedg.		Centigr.
Extrémité de l'échelle du pyromètre de Wedgewood.....	240	=	17860
Maximum de chaleur d'un fourneau d'air, de 8 pouces anglais (7 pouces 6 lignes ou 203 mill.) de diamètre.....	160	=	12100
La porcelaine de Chine, première qualité, s'a-			

	Wedg.		Centigr.
mollit à.....	156	=	18847
La fonte de fer se liquéfie entièrement à....	150	=	11380
Les creusets de Hesse se liquéfient à.....	150	=	11380
La fonte de fer commence à se liquéfier à.....	130	=	9940
Maximum de chaleur d'une forge de maréchal.....	125	=	9580
Maximum de chaleur d'un fourneau de verrerie pour le verre plan.....	124	=	9508
La porcelaine de Chine, qualité inférieure, s'amollit à.....	120	=	9220
Maximum de chaleur d'un fourneau de verrerie pour le flint-glass.	114	=	8788
Chaleur nécessaire pour cuire la poterie de cailloux.....	102	=	7924

Maximum de chaleur né-

	Wedg.	Centigr.
cessaire pour souder ensemble deux morceaux de fer.....	95 =	7420
Minimum de chaleur nécessaire pour souder ensemble deux morceaux de fer.....	90 =	7060
Minimum de chaleur d'un fourneau de verrerie pour le flint-glass....	70 =	5620
Chaleur à laquelle le verre est susceptible d'être mis en œuvre.....	57 =	4684
Chaleur nécessaire pour cuire la faïence.....	41 =	3532
L'or pur se liquéfie à....	32 =	2884
Chaleur à laquelle le flint-glass est susceptible d'être mis en œuvre.....	29 =	2668
L'argent pur se liquéfie à.	28 =	2596
Le cuivre de Suède se liquéfie à.....	27 =	2524
L'argent se liquéfie, suivant le docteur Kennedy, à.....	22 =	2164

	Wedg.	Centigr.
Le cuivre jaune se liquéfie à	21 =	2092
Chaleur nécessaire à la fusion des couleurs en émail	6 =	1012
Chaleur rouge, visible à la lumière du jour	0 =	580
Chaleur du fer rouge, visible au crépuscule		473
Chaleur d'un feu ordinaire		421
Chaleur du fer rouge dans l'obscurité		400
Le zinc se liquéfie à		371
Le mercure bout, suivant Irvine, à		355
— suivant Dalton, à		348
— suivant Chrichton, à		346
Minimum de la chaleur du fer, visible dans l'obscurité		335
L'huile de graine de lin bout à		315
Le plomb se liquéfie à		312
L'acide sulfurique bout à		310
L'acier poli prend une couleur bleue foncée à		304
L'huile de térébenthine		

	Centigr.
bout à	293
Le soufre brûle à	293
Le phosphore bout à	290
Le bismuth se liquéfie à	246
L'acier poli prend une couleur jaune paille faible, à	237
L'étain se liquéfie à	227
Un composé de trois parties d'étain et de deux de plomb, se liquéfie à	167
Un composé de deux parties d'étain et d'une de bismuth, se liquéfie à	167
Un composé de moitié étain et moitié bismuth, se liquéfie à	139
L'acide nitrique, bout à	116
Le soufre se liquéfie à	107
L'eau saturée de sel, bout à	103
L'eau bout (le mercure étant à 28 pouces, ou à 0 m. 763 mill.) à	100
Un composé de cinq parties de bismuth, de trois d'étain, et de deux de plomb, se liquéfie à	100
Un composé de trois parties d'étain, de cinq de plomb, et de huit de bismuth, se liquéfie un peu au-dessous de	98
L'alcohol bout à	78

	Centigr
La cire se liquéfie à.....	61
Le spermaceti, ou blanc de baleine, se liquéfie à.....	56
Le phosphore se liquéfie à.....	37
L'éther bout à	36
Chaleur du sang humain.....	36
Température moyenne du globe..	10
Glace fondante.....	0
Le lait se congèle à.....	— 1
Le vinaigre se congèle à environ.	— 2
Le vin se congèle à environ.....	— 6
Un mélange d'une partie d'alcohol et de trois parties d'eau se congèle à	—13
Un mélange de quantités égales d'alcohol et d'eau se congèle à....	—21
Un mélange de deux parties d'alcohol et d'une partie d'eau, se congèle à.....	—23
Le mercure se congèle, suivant Cavendish, à.....	—39
L'ammoniaque liquide cristallise, à	—41
L'acide nitrique, dont la pesanteur spécifique est environ 1.42, se congèle à.....	—42
L'éther sulfurique se congèle à...	—43
Température observée par M. Hutchins, à la baie d'Hudson.....	—45

Centigr.

Le gaz ammoniac se condense et devient liquide à. . . . . —47
L'acide nitreux se congèle à. . . . . —48
Froid produit par un mélange de neige et d'acide nitrique étendu. —61
Le plus grand froid artificiel qu'on ait encore pu produire a été obtenu par Walker : il répond à. . —68

Suivant Guyton de Morveau le rapport entre les degrés de Wedgewood et les degrés du thermomètre ordinaire ne serait pas 72, mais 65, et le terme pour le 0° de Wedgewood serait 270° au lieu de 580.

Guyton de Morveau est l'inventeur d'un pyromètre qui a beaucoup d'analogie avec l'appareil représenté *fig.* 2, *pl.* I–II. C'est une verge de platine dont une des extrémités est encastrée dans une masse d'argile blanche fortement recuite, et qui est immédiatement exposée à l'action de la température qu'on veut mesurer. L'autre extrémité de la verge de platine s'appuie contre le petit bras d'un levier coudé, dont le long bras parcourt un cercle gradué. Le nombre des degrés que parcourt cet index mesure la dilatation de la verge de platine, et par conséquent la température à laquelle elle est soumise.

Le docteur Ure, dans son *Dictionnaire*

de Chimie, exprime l'opinion que les hauts degrés de température peuvent être mesurés par la dilatation de l'air.

Puisque, dit-il, l'air sec augmente son volume de $^3/_8$ par 100°, T.C., et puisque sa dilatation est probablement uniforme, lorsque la température augmente uniformément, on peut très-facilement construire un thermomètre sur ce principe.

« L'auteur anglais entre ici dans les principaux détails de la construction du pyromètre indiqué par le docteur Ure. Nous croyons devoir supprimer ces détails sur un instrument qui n'est pas en usage. »

CHAPITRE V.

DE LA CONDUCTIBILITÉ DES CORPS POUR LE CALORIQUE.

Le moyen le plus simple et le plus convaincant de prouver que la chaleur traverse les différens corps avec divers degrés de vitesse, est de prendre des cylindres très-déliés de plusieurs substances, comme l'argent, le verre, le charbon; de les te-

nir par un bout avec les doigts, et d'exposer l'autre extrémité à la flamme d'une chandelle. Le cylindre d'argent deviendra bientôt tellement chaud, qu'on ne pourra plus le tenir entre les doigts; le verre s'échauffera plus lentement; et enfin, le charbon sera complétement en ignition à l'une de ses extrémités, long-tems avant qu'on ne ressente la moindre sensation de chaleur à l'autre.

Les substances qui s'échauffent le plus vite, à la partie la plus éloignée de la flamme, sont appelées les meilleurs *conducteurs du calorique*.

Les corps les plus denses sont généralement les meilleurs conducteurs; mais il n'existe pas de rapport invariable entre la densité d'un corps et sa puissance conductrice; car, le plus dense de tous les métaux, le platine, est un des plus mauvais conducteurs métalliques. Les substances terreuses sont de beaucoup inférieures aux métaux par leur pouvoir conducteur; le bois l'est encore davantage. Mais les matières solides qui possèdent le moins cette propriété, sont celles qui constituent l'enveloppe extérieure des animaux, comme la laine, les poils et les plumes. De là l'emploi général que fait la nature de ces sub-

stances, pour empêcher l'air froid de s'emparer de la chaleur des animaux, ou, en d'autres termes, pour les tenir chauds.

On peut démontrer jusqu'à l'évidence, la différence remarquable qui existe entre le pouvoir conducteur des métaux et du bois, en prenant un tube cylindrique, ou, mieux encore, un cylindre de métal poli, d'environ un pouce et demi de diamètre, et de huit pouces de long; on l'enveloppe soigneusement d'un morceau de papier blanc à écrire, qui soit en parfait contact avec la surface du cylindre, et l'on expose le tout à la flamme d'une lampe à esprit-de-vin; on pourra l'y tenir un tems considérable sans que le papier prenne feu ou paraisse attaqué par la flamme.

Si l'on enveloppe aussi avec du papier, un cylindre de bois de mêmes dimensions que le cylindre de métal, et si on l'expose également à la flamme, le papier ne tardera pas à brûler.

Voici l'explication de ce phénomène.

Lorsque le papier est en parfait contact avec le métal, la chaleur qu'on y applique en un point quelconque ne peut s'y accumuler; mais elle pénètre dans le métal, et se répand également dans tout le volume du cylindre; de sorte que le pa-

pier ne peut brûler, ou même roussir, tant que tout le métal n'a pas atteint une température très-élevée. Au contraire, lorsqu'on expose à la flamme le cylindre de bois enveloppé de papier, le calorique qui ne peut pénétrer le bois avec facilité, s'accumule promptement en un seul point en quantité suffisante pour brûler le papier.

« Nous ajouterons à l'expérience indiquée par l'auteur anglais, une autre expérience aussi décisive, aussi facile à exécuter, et dont les résultats sont au moins aussi curieux.

« Enveloppez avec du papier, une balle de plomb bien unie, et serrez le papier de manière qu'il touche la surface de la balle dans tous les points.

« Exposez le tout à la flamme d'une chandelle, pendant un tems suffisant pour faire fondre le plomb; le papier ne commencera à brûler que lorsque le plomb sera fondu, et se sera écoulé par un petit trou que la chaleur toujours croissante du métal aura percé à travers son enveloppe. »

Le sable conduit le calorique si lentement, qu'on l'employa à Gibraltar, lors de l'attaque des Espagnols, pour transporter, des fourneaux aux batteries, les boulets rouges destinés à incendier la flotte

espagnole; on les plaçait dans des voitures de bois, dont les parois n'étaient préservées de l'atteinte du feu que par une couche de sable.

Les corps solides conduisent le calorique dans toutes les directions, en haut, en bas et de côté, avec une facilité presque égale.

Richman entreprit une série d'expériences, dans le but de reconnaître s'il existait quelque relation entre le pouvoir conducteur des corps, et leurs autres propriétés.

Il employa des balles creuses de différens métaux, de dimensions bien semblables, et dans l'intérieur desquelles il adapta la boule d'un thermomètre. Il les plongea ensuite toutes dans l'eau bouillante, jusqu'à ce que tous les thermomètres indiquassent la même température; puis il les exposa à l'air, et tint note du tems qu'elles mirent à se refroidir.

Les métaux qui lui parurent susceptibles de retenir le calorique pendant le plus long-tems, furent le laiton et le cuivre; après eux, le fer et l'étain; le plomb fut celui de tous qui se refroidit le plus vite.

Le décroissement de température, dans

un tems donné, pour les métaux ci-dessus, eut lieu dans les rapports suivans :

Plomb.	25.
Etain	17.
Fer	11.
Cuivre.	10.
Laiton.	10.

Richman conclut de ces expériences que l'accroissement ou le décroissement de la température, dans les corps sur lesquels il avait opéré, n'est pas en raison inverse de leur densité, de leur dureté, ou de leur force de cohésion, ni même en raison composée d'aucune de ces propriétés.

Des expériences du même genre furent tentées par Ingenhouz. Il se servit de verges de différens métaux de même longueur et de même diamètre. Il les plongea d'abord dans de la cire fondue, et les retira couvertes d'une couche de cette substance.

Lorsqu'elles furent refroidies, il plongea l'une de leurs extrémités, à environ deux pouces de profondeur, dans l'huile échauffée, et crut pouvoir déterminer le pouvoir conducteur de chacune d'elles, en raison de l'étendue sur laquelle la cire se fondait dans un tems donné.

Le résultat de ces expériences amena Ingenhouz à considérer l'argent comme le meilleur conducteur ; venaient ensuite, dans une progression décroissante, l'or, l'étain, le cuivre, le platine, l'acier, le fer et le plomb.

Ces expériences, néanmoins, paraissent n'avoir pas été faites avec toutes les précautions nécessaires, non plus que celles de Méyer d'Erlangen, qui essaya de déterminer le pouvoir conducteur de différentes espèces de bois, et sur les résultats desquels on ne doit pas entièrement compter.

Toutefois, nous croyons devoir mettre sous les yeux de nos lecteurs le tableau suivant, dans lequel sont consignés ses résultats qui, pour n'être pas rigoureusement exacts, n'en sont pas moins susceptibles de recevoir diverses applications utiles. Dans ce tableau, le pouvoir conducteur de l'eau, est pris comme *étalon*, ou terme de comparaison.

Ainsi le pouvoir conducteur de l'eau étant 10, celui du frêne est 30,8, c'est-à-dire qu'il est un peu plus que le triple de celui de l'eau.

	Pouvoir conducteur.	Pesanteur spécifique.
Eau	10	1.000
Ebène	21.7	1.054
Pommier	27.4	0.639
Frêne	30.8	0.631
Hêtre	32.1	0.692
Charme	32.3	0.690
Prunier	32.5	0.687
Orme	32.5	0.646
Chêne	32.6	0.608
Poirier	33.2	0.603
Bouleau	34.1	0.608
Pin picéa	37.5	0.495
Aulne	38.4	0.484
Pin d'Écosse	38.6	0.408
Pin de Norwége	38.9	0.447
Tilleul	39	0.40[illegible]

Le comte de Rumford fit aussi des expériences dans le but de reconnaître quelles étaient les substances les plus propres à être employées comme vêtemens chauds.

Il suspendit un thermomètre dans un tube de verre terminé par une boule d'un pouce de diamètre, dans laquelle entrait celle du thermomètre, enveloppée par la substance en expérience.

L'appareil ainsi disposé, était plongé dans l'eau bouillante, jusqu'à ce que le thermomètre eût marqué $+87^{\circ}\,{}^{5}/_{9}$ T.C.

Il le plongeait alors dans un mélange de glace pilée et d'eau, et comptait soigneusement le nombre de secondes que le thermomètre employait pour s'abaisser de $+87^{\circ}\,{}^{5}/_{9}$ à $+12^{\circ}\,{}^{5}/_{9}$ centigrades.

Le tableau suivant indique les résultats de ses expériences.

			Secondes.
Le thermomètre, environné	d'air		576
	de 16 grains	de soie écrue.	1284
	de *Id.*	de taffetas effilé.....	1169
	de *Id.*	de soie à coudre coupée.	917
	de *Id.*	de laine.....	1118
	de *Id.*	de coton.....	1046
	de *Id.*	de lin fin....	1032
	de *Id.*	de poil de castor.....	1296
	de *Id.*	de poil de lièvre	1315
	de *Id.*	d'édredon....	1305
	de *Id.*	de charbon..	937
	de *Id.*	de noir de fumée....	1117
	de *Id.*	de cendres de bois.....	927

se refroidit en

Les plus mauvais conducteurs reconnus dans ces expériences, furent le poil de lièvre et l'édredon. Rumfort pensait qu'ils doivent principalement leur propriété d'arrêter le passage du calorique à la grande quantité d'air qu'ils enveloppent dans leurs interstices, car il reconnut que la même substance était plus ou moins conductrice, suivant que sa contexture était plus ou moins lâche: la soie tissée, par exemple, était beaucoup meilleure conductrice que celle employée en filamens non tordus.

Les substances qui forment les vêtemens les plus chauds, sont celles qui ont les plus longs poils ou le plus long duvet, parce que l'air qu'elles retiennent et qu'elles enveloppent s'oppose à la sortie de la chaleur naturelle du corps.

Le faible pouvoir conducteur de la neige est dû à la même cause; c'est-à-dire à l'air contenu et enveloppé dans ses interstices. Cette propriété présente de grands avantages en empêchant la surface de la terre d'être gelée partout où elle est recouverte de neige. On affirme que tandis que la température de l'air descend, en Sibérie, à —56 degrés centigrades, la surface de la terre, protégée par la neige, est rarement plus basse que 0°.

On tire parti du faible pouvoir conducteur de certains corps, en les employant à conserver la chaleur. Les poêles sont souvent garnis, à l'intérieur, d'une chemise formée d'argile et de sable qui n'a pas d'autre but; l'interposition d'une couche de charbon pulvérisé, ou d'air est très-efficace pour empêcher le calorique de s'échapper: dans quelques appartemens, on place de doubles fenêtres qui ont la propriété de conserver la chaleur des appartemens parce que l'air interposé entre les deux châssis s'oppose à ce qu'elle s'échappe.

Les vêtemens lâches sont plus chauds que les vêtemens serrés, parce qu'une certaine quantité d'air confiné enveloppe alors le corps, et y maintient la chaleur naturelle.

Les mêmes substances qui empêchent le calorique de s'échapper sont également efficaces pour prévenir son admission dans les autres corps. C'est d'après ce principe que les glacières sont construites avec des corps mauvais conducteurs.

Les sensations diverses que nous éprouvons, lorsque nous touchons des substances de différentes espèces, comme le marbre, l'ivoire, le verre, le bois, proviennent de la différence des pouvoirs conducteurs de

ces corps. Un morceau de bois, par exemple, que nous toucherons par un tems froid, ne nous paraîtra pas, de beaucoup, aussi froid qu'un morceau de fer, bien que tous deux soient à la même température, comme on pourrait s'en assurer en y appliquant un thermomètre. Le fer nous semble le plus froid parce qu'étant bon conducteur du calorique, l'excès de chaleur que la main a sur celle du fer, tend à entrer dans le métal, pour établir entre celui-ci et la main, une température égale; et la soustraction rapide du calorique de la main, produit la sensation du froid.

Le bois qui est, au contraire, mauvais conducteur, n'enlève pas aussi rapidement la chaleur de la main, et, par conséquent, ne paraît pas aussi froid que le fer.

Pour la même raison, lorsque le bois et le fer sont à une température élevée, le dernier paraît le plus chaud, parce qu'il abandonne plus rapidement son calorique à la main.

Les personnes qui ont fréquemment à toucher des substances trop chaudes ou trop froides, se servent avec succès de gants de laine, parce que cette substance est un très-mauvais conducteur du calorique.

Le comte de Rumford fit également un très-grand nombre d'expériences sur les fluides auxquels il refusait toute espèce de pouvoir conducteur. Cette opinion fut combattue avec succès ; et, aujourd'hui, on admet généralement que les fluides sont conducteurs du calorique, mais à un degré très-faible. On a prouvé que l'on peut faire bouillir de l'eau dans la partie supérieure d'un tube, sans que les couches inférieures soient beaucoup échauffées ; qu'elle peut même bouillir au-dessus d'un morceau de glace à la distance de moins de trois lignes, sans produire la liquéfaction immédiate de la glace ; enfin que la glace se fond quatre-vingt fois plus lentement lorsqu'on verse de l'eau bouillante dessus, que lorsqu'elle même est placée au-dessus de l'eau bouillante.

Le docteur Murray, qui a été l'adversaire le plus heureux de la théorie du comte de Rumford, choisit parmi les expériences du Comte, la suivante, comme la moins contestable de toutes : sur un morceau de glace, remplissant le fond d'un vase cylindrique de verre et ayant au milieu de sa surface un bouton saillant de glace, Rumford mit une couche de 3 pouces

(0 m. 81 mil.) d'huile d'olive à la température de 0 d. centigrade, et entoura le vase avec un mélange de glace pilée et d'eau. Il fit ensuite chauffer, dans l'eau bouillante, un cylindre solide de fer de 15 lignes (34 mil.) de diamètre, et de 1 pied (325 mil.) de long. Ce cylindre échauffé, fut mis, à la température de 99 degrés centigrades, dans une gaîne de papier, pour lui conserver sa chaleur, et il fut suspendu dans le vase de manière que son extrémité inférieure fût placée directement au-dessus du bouton de glace, à une distance de $^2/_{10}$ de pouce. Si une portion quelconque de calorique avait traversé la mince couche d'huile interposée entre le fer chaud et le bouton de glace, la fusion d'une partie de celui-ci en aurait été le résultat; c'est ce qui n'eut pas lieu, le volume du bouton de glace ne diminua nullement et ne parut, en aucune manière, affecté par la présence du fer chaud.

Dans une autre expérience, Rumford substitua le mercure à l'huile, et plaça le fer chaud à $^1/_4$ de pouce de distance du bouton qui n'en éprouva rien.

Le docteur Murray fait remarquer, à ce sujet, que tout, dans ces expériences, semblait disposé pour produire la déperdition

du calorique, et pour empêcher le pouvoir conducteur du liquide de se manifester s'il existait.

Au lieu d'employer une petite quantité d'huile, la glace était couverte d'une couche de ce liquide, de trois pouces (0 m. 81 mil.) d'épaisseur, et tenue, autant que possible, pendant toute la durée de l'expérience, à la température de 0.

Le cylindre chaud étant suspendu dans l'huile, les molécules de ce liquide qui se trouvaient le plus près de lui, s'échauffaient, devenaient plus légères, s'élevaient et faisaient place à d'autres qui s'échauffaient à leur tour, s'élevaient de même et étaient également remplacées. Cette ascension devait continuer tant que le fer pouvait fournir du calorique à l'huile, le courant ascendant occupant le milieu du vase, et le courant descendant le voisinage des bords. Il devait nécessairement en résulter qu'aucune portion du calorique ne devait être communiquée au bouton de glace avant que toute la masse de l'huile n'eût atteint une température plus élevée que 0; et l'on sait que cette élévation était, si non empêchée complétement, du moins beaucoup retardée par l'eau et la glace qui entourait le vase.

Ajoutons à cela qu'il est reconnu que ce mode d'expérimenter la communication du calorique par la liquéfaction de la glace est peu exact, puisque, dans cette opération, une grande quantité de calorique est absorbée, et que la petite portion qui peut être communiquée à la glace n'est pas toujours suffisante pour que la fusion de la glace devienne apparente.

Les résultats de nombreuses expériences faites par d'autres savans, sur se sujet, ont toujours été en opposition avec l'opinion de Rumford, sur la non conductibilité des fluides.

Le docteur Hope appliqua la chaleur à la surface de l'eau, dans un vase de 11 pouces (0 m. 298 mill.) de diamètre, et disposa le vase de manière qu'un courant d'eau circulait constamment autour, pour empêcher le pouvoir conducteur des côtés du vase de modifier le résultat. Le liquide s'échauffa au-dessus de sa surface, ainsi que l'indiquèrent plusieurs thermomètres plongés à différentes profondeurs.

Dans une autre expérience, le docteur Hope mélangea deux quantités d'eau chaude et d'eau froide, et, après les avoir agitées, les laissa quelque tems en repos. Il n'en

résulta aucune séparation du liquide chaud d'avec le liquide froid ; mais la masse totale prit une température uniforme ; faits entièrement incompatibles avec la théorie de Rumford.

Des faits semblables furent constatés par Nicholson, Thomson et Dalton ; mais l'expérience la plus concluante est due au docteur Murray d'Edimbourg.

Le précis en fut publié dans le *Journal de Nicholson.*

Le docteur Murray pensait que toutes les précautions qu'on avait prises pour prévenir les erreurs qui pouvaient résulter du pouvoir conducteur des vases dans lesquels se trouvaient les liquides soumis à l'expérience, étaient insuffisantes pour obtenir ce résultat. Il imagina donc un moyen plus efficace ; et voici comment il raisonna :

Puisque la température de la glace ne peut pas être élevée au-dessus de 0, un vase de cette substance doit être très-convenable pour contenir les liquides en expérience ; car, quel que soit le degré de chaleur qu'on applique à la surface du liquide, le vase ne pourra pas conduire le calorique, puisqu'il ne pourra que se liquéfier et prendre la température de la glace fondante. Si donc on applique la

chaleur à la surface du liquide contenu dans le vase de glace, et si le liquide s'échauffe au-dessous de cette surface, on pourra en tirer la conséquence certaine que cet accroissement de température est dû au pouvoir conducteur du liquide, et non à celui du vase qui le contient.

Le docteur Murray rend le compte suivant de son expérience dans son *Système de Chimie*.

« Un thermomètre fut placé horizontalement dans un cylindre creux de glace, et à la profondeur d'un pouce. Sa boule était dans l'axe du cylindre, en dehors duquel dépassait entièrement la partie du tube à laquelle l'échelle est attachée. L'eau n'était pas susceptible d'être employée à la température à laquelle il eût été nécessaire de faire l'expérience avec cet appareil, à cause de la propriété que possède ce liquide, de devenir plus dense, en élevant sa température de 0 à +4.44° centigrade. Ce fut donc à l'huile qu'on eut d'abord recours.

Une certaine quantité d'huile d'amandes fut, en conséquence, versée dans le cylindre de glace, de manière à recouvrir la boule du thermomètre, d'un quart de pouce. Une soucoupe de fer, à fond plat,

fut suspendue au-dessus de l'appareil, et touchait presque la surface de l'huile; enfin, l'on y versa deux verres d'eau bouillante. En une minute et demie le thermomètre s'éleva de 0 centigrade, à $+ 0^{\circ}\ {}^{5}/_{12}$; en trois minutes, à $+ 1^{\circ}\ {}^{7}/_{18}$; en cinq minutes, à $+ 2^{\circ}\ {}^{1}/_{3}$, en sept minutes, à $+ 3^{\circ}\ {}^{1}/_{18}$; alors il devint stationnaire, et peu après, il commença à baisser.

Lorsqu'une plus grande quantité d'huile se trouvait interposée entre la boule du thermomètre, et le fond de la soucoupe de fer, l'élévation de température était moindre; et, même lorsque la couche d'huile avait une épaisseur de 8 lignes et demie, l'élévation de température était très-appréciable, et était de ${}^{5}/_{6}$ de degré.

Avec le mercure, les résultats furent analogues, mais le thermomètre s'élevait beaucoup plus que lorsqu'on employait l'huile, parce que le mercure est meilleur conducteur que l'huile.

Le docteur Trail détermina le pouvoir conducteur de différens liquides, en observant le tems qu'employait un thermomètre à mercure, pour s'élever de trois degrés Fahrenheit ($1^{\circ}\ {}^{6}/_{9}$ centigrade), lorsqu'il était plongé dans chaque liquide auquel on communiquait le calorique, au moyen d'un cylindre de fer, de onze

lignes $^1/_4$, ou 25 millimèt. $^{40}/_{100}$ de diamètre, échauffé, à + 100°, et suspendu dans le liquide, à la distance de 5 lignes $^{63}/_{100}$, ou 12 mill. $^{70}/_{100}$, de la boule du thermomètre. Enfin, le vase contenant les liquides en expérience, était en bois, afin que son pouvoir conducteur n'eût qu'une très-petite influence sur les résultats, dont voici le tableau :

Le thermomètre placé dans :		Minut.	Sec.
Le mercure.....	fut	0	15
Une solution saturée de sulfate de soude.....		6	30
L'eau.....		7	5
L'esprit-de-vin rectifié....		8 env.	
Une solution d'une partie de sulfate de fer et de 5 d'eau.		8	0
L'eau de potasse.....		8	15
Le lait de vache.....		8	25
Une solution saturée de sulfate d'alumine.....		9	40
L'alcohol des pharmacies...		10	45
Une solution saturée de sulfate de soude, mais le cylindre de fer ne touchant pas le liquide au-dessus duquel il était d'environ $^1/_{10}$ de pouce anglais.....		19	20

Pour s'élever de 3 d. Fahrenheit ou 1 d. six neuvièmes centigrade.

Quelques expériences démontreront facilement, 1° la difficulté qu'éprouve le calorique à se communiquer de haut en bas dans les fluides ; 2° le mouvement des molécules de ces mêmes fluides, qui charrient le calorique de bas en haut, à travers toute la masse.

Première Expérience.

Versez, dans un tube de verre, d'environ 10 pouces de long et d'un pouce de diamètre, un peu d'eau colorée avec la teinture de tournesol ; versez par-dessus de l'eau claire, avec les précautions nécessaires pour ne pas mélanger les deux liquides. Appliquez ensuite la chaleur à la surface de l'eau claire, le liquide coloré restera en repos au fond du tube ; mais si vous échauffez directement ce même liquide coloré, en appliquant la chaleur au fond du tube, il s'élèvera immédiatement, et s'entremêlera avec l'eau claire.

Deuxième Expérience.

Assujétissez un morceau de glace au fond d'un vase cylindrique de verre, recouvrez-le d'une couche de deux ou trois pouces d'eau à la température de 0 ; fai-

tes flotter à la surface de l'eau une petite soucoupe de bois, percée sur les côtés, de très-petits trous, et versez-y doucement jusqu'à ce que le vase soit presque plein, de l'eau bouillante qui, s'échappant par les petits trous, s'établira à la surface. La glace placée au fond du vase, restera très-long-tems sans se fondre; mais si on place un semblable morceau de glace à la surface de l'eau chaude, il se liquéfiera immédiatement.

Troisième Expérience.

On peut démontrer facilement le peu de pouvoir conducteur de l'eau, au moyen de l'appareil indiqué par la *fig.* 10, *planc.* I–II. Dans un vase cylindrique de verre, rempli à peu près d'eau, on plonge un petit thermomètre d'air très-sensible, susceptible d'indiquer les plus petites variations de température, et placé de manière que la boule ne soit qu'à une faible distance du niveau de l'eau, sur lequel on verse une couche d'éther que l'on enflamme. Le thermomètre n'en sera que très-peu affecté.

Le refroidissement de l'eau, ou de tout

autre liquide est singulièrement retardé quand on y mêle de l'amidon, du mucilage, de la gélatine, etc., parce que ces corps interposés entre les molécules du liquide s'opposent à leur mouvement d'ascension et empêchent, par conséquent, le calorique de parvenir facilement à la surface; c'est ainsi, par exemple, que le bouillon gras est beaucoup plus long-tems à se refroidir que l'eau pure.

Quatrième Expérience.

On peut démontrer d'une manière très-agréable la circulation des molécules des liquides, lorsqu'elles sont échauffées: on verse, dans un tube de verre, de l'eau mélangée de poussière d'ambre, de cire d'Espagne, ou d'autres corps légers, non solubles dans l'eau. Si l'on échauffe le haut du liquide, on verra les corps légers rester stationnaires dans les couches inférieures; mais si l'on applique la chaleur au fond du tube, on verra aussitôt se former des courans ascendans et descendans.

Il résulte de ces expériences et de toutes les autres du même genre, que la lenteur avec laquelle les liquides propagent la

chaleur de haut en bas, est probablement due à ce que les molécules échauffées se dilatent, deviennent spécifiquement plus légères que celles qui sont placées au-dessous d'elles, et s'élèvent avant d'avoir eu le tems de leur communiquer leur calorique.

Rumford essaya aussi de prouver que les gaz n'étaient pas du tout conducteurs du calorique; mais cette théorie n'est pas plus admise aujourd'hui que la non conductibilité des liquides; cependant l'expérience a prouvé que tous les obstacles qu'on opposait au mouvement de l'air rendent plus lente la propagation du calorique.

La facilité avec laquelle le thermomètre d'air est affecté par les variations de la température, fit penser à Berthollet que l'air devait être un bon conducteur du calorique. Il se fondait surtout sur le fait suivant : Toutes les fois qu'un aérostat ou un ballon est frappé par les rayons du soleil, au moment où les nuages leur livrent passage, le ballon se gonfle subitement. Il lui parut impossible, en recherchant l'explication de cet effet, que les molécules du gaz renfermé dans le ballon, fussent si subitement échauffées si elles avaient dû venir successivement en con-

tact avec l'enveloppe de la machine. Il en conclut que la chaleur était conduite par le gaz lui-même.

Berthollet expliquait également l'obstacle que l'air confiné oppose à la propagation du calorique en supposant qu'il était dû à un degré de compression qui ne permet pas à cet air de se dilater. Mais cette solution du problême n'est pas complétement satisfaisante.

Leslie a constaté que les corps sont plus ou moins long-tems à se refroidir, selon les différens gaz dans lesquels ils sont plongés. Dans l'hydrogène, ils se refroidissent promptement. Cet effet est moins rapide dans l'air atmosphérique, et beaucoup plus lent dans le gaz acide carbonique.

En décrivant les effets produits par la dilatation, nous avons fait remarquer l'influence de l'air sur la distribution du calorique. La dilatation et, par conséquent, l'ascension de portions successives de l'atmosphère, des points échauffés de la surface de la terre, détermine un courant d'air qui se dirige des pôles à l'équateur, près de la surface de la terre, et un courant supérieur qui se dirige de l'équateur aux pôles pour modifier et régler la température du globe.

L'action de l'eau est d'une égale importance : l'air froid, venant des pôles et passant sur la mer, s'échauffe beaucoup dans son cours, par le calorique qu'il enlève à l'eau.

Le comte de Rumford affirme qu'un pied cube d'eau, en se refroidissant d'un degré, dégage une quantité suffisante de chaleur pour élever de dix degrés une couche d'air de quarante-quatre pieds d'épaisseur. Il pensait également que l'eau de la mer, après avoir communiqué à l'air une partie de son calorique, et s'être abaissée en vertu de l'accroissement de sa pesanteur spécifique, se dirige aussi vers l'équateur en produisant un courant supérieur dans la direction des pôles, et contribuant ainsi à modifier les températures extrêmes.

Il est impossible de considérer ces opérations silencieuses mais importantes de la nature, sans être profondément convaincu de la sagesse et de la puissance qui produit de pareils effets.

—

CHAPITRE VI.

RAYONNEMENT DU CALORIQUE.

Lorsque des corps échauffés sont exposés à l'air, ils perdent une portion de leur calorique en le projetant en droite ligne, dans l'espace, de toutes les parties de leur surface.

L'époque à laquelle cette importante propriété du calorique fut entièrement connue, est d'une date très-récente, bien qu'on en eût déjà quelqu'idée à une époque plus reculée. Elle fut signalée par Mariotte, dès l'année 1682, dans les *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*. Il y annonce que la chaleur du feu, lorsqu'elle est rendue sensible au foyer d'un miroir ardent, cesse de l'être par l'interposition d'un verre.

Lambert, ayant reconnu que certaines substances peuvent être enflammées à la distance de vingt à vingt-quatre pieds,

en brûlant du charbon entre deux réflecteurs concaves, voulut s'assurer si la lumière entrait pour quelque chose dans ce phénomène. A cet effet, il rassembla la lumière d'une flamme très-claire au moyen d'une grande lentille, au foyer de laquelle il put à peine reconnaître un peu de chaleur.

Dans son célèbre *Traité sur l'air et le feu*, Scheele décrit des expériences du même genre, avec d'importantes additions. C'est à lui qu'on doit la première idée du calorique rayonnant ou s'échappant, comme la lumière, en rayons; le premier il remarqua que ce calorique traverse l'air sans l'échauffer, et que sa direction n'est pas changée par un courant d'air. Il observa que le verre qui laisse passer la lumière du feu, intercepte la chaleur; qu'un miroir de verre réfléchit la lumière, sans réfléchir le calorique qu'il absorbe, tandis qu'un miroir métallique réfléchit l'une et l'autre; qu'enfin ce miroir s'échauffe à peine, à moins qu'on ne noircisse sa surface, ce qui lui fait absorber le calorique.

Les expériences de Lambert furent répétées et variées par Saussure et Pictet. Ils employèrent deux réflecteurs concaves, d'étain poli, d'un pied de diamètre, et de

4 pouces $^1/_2$ de foyer (*). Ils placèrent ces deux réflecteurs à douze pieds deux pouces de distance, et exactement en face l'un de l'autre, *fig.* 11, *pl.* I–II. Au foyer de l'un des réflecteurs, était une balle de fer échauffée, de deux pouces de diamètre; néanmoins sa température n'était pas assez élevée pour qu'elle pût paraître lumineuse dans l'obscurité. Enfin, au foyer de l'autre réflecteur, était placée la boule d'un thermomètre de mercure. La température du thermomètre commença à s'élever aussitôt que la balle de fer fut placée, et en six minutes, elle parvint de + 4 d. Réaumur à + 14 $^1/_2$. Un autre thermomètre, placé à la même distance de la balle de fer, mais non au foyer du réflecteur ne s'éleva qu'à + 6 degrés $^1/_2$.

La balle échauffée *a* placée au foyer du réflecteur *b*, projette son calorique de tous les points de sa surface. Les rayons qui sont dirigés vers le réflecteur *b* sont inter-

---

(*) On nomme *foyer* le point où se réunissent les rayons, soit par réflexion, soit par réfraction. On trouvera tous les détails nécessaires à ce sujet dans le *Traité des Instrumens d'Optique*.

ceptés par lui, et, d'après les propriétés de sa courbure concave, sont réfléchis en lignes droites vers l'autre réflecteur *c* qui les intercepte à son tour et les réfléchit à son foyer où est placée la boule *d* du thermomètre. Le calorique, ainsi accumulé en un seul point, manifeste sa présence par l'élévation du mercure dans le thermomètre.

Pour prouver que le thermomètre *d* n'est point affecté par la chaleur qui provient directement de la balle de fer, on peut placer un plateau de verre entre cette balle et le réflecteur *b*, le thermomètre alors ne montera plus. Le même effet aura lieu si l'on place le plateau de verre entre le thermomètre et le réflecteur *c*.

Un thermomètre d'air ou un thermomètre différentiel, *fig.* 10, 12, ou 13, *pl.* I–II et III–IV, est, à cause de sa grande sensibilité, plus convenable, pour cette expérience, que le thermomètre à mercure.

Quelle que soit la substance qu'on emploie comme source de chaleur, l'effet est le même, et est toujours en raison de la température de cette substance.

Pictet fit d'autres expériences dont quelques-unes l'amenèrent bien près de la découverte de la diversité des pouvoirs rayonnans de différentes surfaces.

Lorsqu'il employait un miroir concave de verre au lieu d'un miroir métallique, le thermomètre n'en était que très-peu affecté.

Un verre plan fut recouvert d'un côté avec un amalgame; le côté recouvert fut présenté au corps échauffé, et le côté découvert à un thermomètre de Réaumur, qui s'éleva de 3 degrés $^5/_{10}$. Lorsqu'il présenta la surface découverte au corps échauffé, et la surface métallique au thermomètre, celui-ci ne s'éleva que de $^5/_{10}$.

Il noircit alors le côté métallique, le présenta au corps échauffé, et le thermomètre s'éleva de 9 degrés $^2/_{10}$. Enfin le thermomètre s'éleva de 18 degrés, lorsque la surface métallique fut enlevée et que le verre lui-même fut noirci du côté présenté au corps échauffé.

Voulant déterminer la vitesse avec laquelle le calorique rayonnant se meut à travers l'espace, Pictet opposa l'un à l'autre deux réflecteurs concaves, métalliques, à la distance de 69 pieds. Il exposa un écran épais entre l'un de ces réflecteurs et son foyer, où devait être placé le corps échauffé, et un thermomètre d'air au foyer de l'autre réflecteur. Lorsque la balle de fer, échauffée un peu au-dessous de la température de

l'ignition, fut placée au foyer du premier réflecteur, l'écran fut enlevé, et le thermomètre placé au foyer du second réflecteur manifesta instantanément la présence du calorique. En replaçant subitement l'écran entre la balle échauffée et son réflecteur, l'effet produit sur le thermomètre cessa immédiatement.

Pictet conclut, de cette expérience, que le calorique rayonnant se meut avec une vitesse telle, qu'il parcourt un espace de 69 pieds dans un intervalle de tems inappréciable.

Herschell, dans ses recherches sur la constitution des rayons du soleil, reconnut que les différens rayons colorés du *spectre solaire* * produisent des effets divers sur le thermomètre; que le rayon rouge, par exemple, est celui qui élève le plus la température, et que le rayon violet est celui qui l'élève le moins.

La chaleur du rayon rouge comparée à celle du rayon vert, était dans le rapport de 55 à 26, et, comparée à celle du rayon violet, dans le rapport de 55 à 16. En 10

(*) On trouvera la théorie du *spectre solaire* dans le *Traité d'Optique*.

minutes un thermomètre de Fahrenheit, exposé à l'action du rayon rouge, s'éleva de 7 degrés. Au delà de ce rayon, la température s'éleva, dans le même espace de tems, de 9 degrés.

Ces expériences furent répétées et vérifiées par sir H. Englefield; il découvrit que des rayons chauds, mais invisibles, existent au delà du rayon rouge, et pensa que le plus haut degré de chaleur était produit à un demi-pouce anglais (5 lignes $^{63}/_{100}$ ou 12 mill. $^{7}/_{100}$) au delà du rayon rouge.

D'autres savans ont confirmé l'existence de ces rayons chauds, invisibles; mais M. Bérard affirme que la plus haute température est produite par le rayon rouge. Dans ses expériences, M. Bérard se servit d'un *héliostat* (*) au moyen duquel il obtint un spectre solaire immobile. A chacun des différens rayons dont ce spectre est composé, il exposait un thermomètre très-délicat, et put ainsi déterminer avec exacti-

(*) De deux mots grecs *hélios*, soleil, et *statos*, arrêté. L'héliostat, comme on le verra dans le *Traité des Instrumens d'Optique*, est un appareil au moyen duquel la lumière du soleil reste dirigée sur un point fixe, malgré la marche apparente de cet astre.

tude leurs différens pouvoirs calorifiques.

La température la plus élevée fut indiquée par un thermomètre dont la boule était entièrement couverte par le rayon rouge. Quant au thermomètre placé au point où Herschell pensait que se trouvait le plus haut degré de température, il ne s'éleva que d'un cinquième de ce qu'il marquait lorsqu'il était plongé dans le rayon rouge.

Le même savant se servit ensuite d'un prisme de spath d'Islande, qui divisa, en deux spectres, les rayons lumineux qui le traversaient. Les propriétés de ces deux spectres furent les mêmes que celle du spectre unique formé par le prisme ordinaire de verre.

Il polarisa également un faisceau de lumière en le recevant sur un verre; le rayon polarisé, étant intercepté par un autre verre mobile, les rayons furent rassemblés par un miroir, et dirigés sur un thermomètre; et il reconnut qu'aussi longtems que la lumière était interceptée par le second verre, la température du thermomètre s'élevait. Mais lorsque la position du second verre était telle, que toute la lumière était transmise au thermomètre ainsi que toute la chaleur de cette lumière, le thermomètre cessait subitement d'en être affecté.

Herschell ayant reconnu, dans le phénomène du spectre solaire, la réfrangibilité du rayon calorifique qui accompagne le rayon lumineux, voulut rechercher si les rayons calorifiques émanés d'un corps échauffé, étaient également susceptibles de réfraction.

A cet effet, il plaça une lentille près d'une chandelle allumée, après avoir interposé entr'elles, un écran percé d'une ouverture du même diamètre, à peu près, que celui de la lentille.

Les rayons émanés de la chandelle, passant par cette ouverture, furent réfractés et réunis au foyer de la lentille, où, en trois minutes, un thermomètre indiqua une élévation de température de 1° 7/18.

Des expériences du même genre furent faites sur les rayons émanés d'un feu ordinaire, et d'une masse de fer échauffée à une température un peu moins élevée que celle de la chaleur rouge, et ces rayons furent reconnus également sujets aux lois de la réfraction. Néanmoins on observa une différence remarquable entre le calorique rayonnant de la lumière solaire et celui du feu; le premier traversa le verre beaucoup plus aisément que le second.

Deux thermomètres également sensibles furent exposés aux rayons du soleil; l'un

découvert, et l'autre revêtu d'un verre très-transparent, ayant une légère teinte bleu-pâle. En cinq minutes, la température du thermomètre découvert s'éleva de + 19° 4/9, à + 22° 7/9, et celle du thermomètre couvert, de + 19° 4/9, à + 22°, d'où il paraît résulter que le quart du calorique rayonnant, qui se dirigeait sur les thermomètres, était intercepté par le verre qui recouvrait l'un d'eux.

L'un des thermomètres fut ensuite recouvert avec du flint-glass, de + 3 lignes anglaises (2 lignes 81/100, ou 0 m. 006 mill. 35/100) d'épaisseur; le thermomètre découvert s'éleva, en cinq minutes, de 3° 1/18 T.C., et le thermomètre couvert, de 2° 7/9. De sorte qu'il y eut moins de rayons interceptés par le flint-glass, que par le verre employé dans la première expérience.

Les thermomètres furent ensuite exposés sous l'influence des mêmes circonstances, aux rayons d'une chandelle allumée. En cinq minutes, celui qui était couvert avec le verre bleu-pâle, s'éleva de + 15° 5/18 d. à + 16°; tandis que celui qui était découvert, s'éleva, de + 15° 1/5 à + 16° 4/5. Dans cette dernière expérience, plus de la moitié des rayons calorifiques, émanés de

la chandelle, furent interceptés par le verre qui recouvrait l'un des thermomètres.

Un effet semblable eut lieu, lorsqu'on se servit du flint-glass, au lieu du verre bleu-pâle.

Il résulte de ces expériences, que les rayons calorifiques qui accompagnent la lumière du soleil, passent beaucoup plus facilement à travers le verre, que ceux qui émanent d'un corps en combustion.

Afin que les résultats des expériences ci-dessus fussent modifiés le moins possible par la lumière qui accompagne la chaleur, on varia les expériences de manière à prévenir toutes les causes d'erreurs qui auraient pu se présenter de ce côté. Des thermomètres couverts et découverts, comme dans les expériences précédentes, furent exposés à l'action du rayon calorifique invisible du spectre solaire : en cinq minutes, le thermomètre couvert avec le verre bleu-pâle, s'éleva de + 47 degrés, à + 48 degrés 5/8 Fahrenheit, et le thermomètre découvert, de + 48 degrés, à + 49 3/4. Lorsque l'un deux fut couvert avec le flint-glass, l'élévation de température fut presque égale.

Les mêmes expériences furent faites avec

des corps échauffés, non lumineux, et les résultats furent toujours à peu près les mêmes, soit que la lumière accompagnât la chaleur, soit qu'il y eût chaleur sans lumière.

Herschell constata ultérieurement que les différens rayons colorés que le prisme sépare dans un rayon solaire, traversent des substances différentes, avec différens degrés de facilité; et que le rayon calorifique invisible, lorsqu'il est séparé de la lumière, traverse les corps transparens, avec moins de facilité que lorsque la lumière l'accompagne; qu'enfin, les verres colorés intercceptent plus de rayons que les verres incolores.

M. Leslie se servit de son thermomètre différentiel dont nous avons donné plus haut la description, et que représente la *fig.* 8, *pl.* I-II: cet instrument fut d'une grande utilité dans ses recherches sur le calorique rayonnant.

L'appareil qu'il employait dans ses expériences, consistait, outre le thermomètre différentiel, en un réflecteur concave de fer étamé, parfaitement poli, et en plusieurs cubes creux d'étain, de 3 à 10 pouces de côté, destinés à contenir de l'eau chaude. (Voyez, *fig.* 12 *pl.* I-II).

L'un de ces vases cubiques d'étain, rempli d'eau bouillante, étant placé à quelques pieds de distance du réflecteur, au foyer duquel était l'une des boules du thermomètre différentiel, celui-ci indiquait instantanément une élévation de température.

Par ce moyen, M. Leslie put déterminer facilement les pouvoirs rayonnans de différentes surfaces.

Il couvrit l'une des faces d'un de ses vaisseaux cubiques d'étain, qui avait six pouces de côté, avec du noir de fumée; une autre face fut revêtue de papier à écrire, et une troisième, avec un morceau de verre; enfin, une quatrième face resta dans son état naturel.

Ce vaisseau fut rempli d'eau bouillante, et la face noircie tournée vers le réflecteur; le thermomètre indiqua une élévation de température égale à 100 degrés du thermomètre différentiel; la face couverte en papier, produisit une élévation de 98 degrés, celle couverte en verre, 90 degrés, et enfin, la face nue, seulement 12 degrés. Le pouvoir rayonnant de chacune de ces surfaces était donc représenté par les nombres qui expriment l'effet produit.

M. Leslie fit aussi diverses expériences pour déterminer le pouvoir réfléchissant de différentes surfaces.

Dans ce but, il recouvrit, avec une feuille d'étain, celle des boules de son thermomètre différentiel, qui était placée au foyer du réflecteur, et dirigea sur lui la face noircie de son vase cubique. Mais, au lieu d'élever la température de la boule du thermomètre à 100 degrés, comme dans l'expérience précédente lorsque la boule n'était pas couverte, cette élévation ne fut que de 20 degrés. Lorsque la face nue du vase fut tournée vers le réflecteur, la température du thermomètre ne fut élevée que de 2 degrés $^1/_2$, au lieu de 12, comme dans la première expérience.

Le résultat de cette expérience fut donc que la feuille d'étain qui recouvrait la boule du thermomètre, réfléchissait la plus grande partie de la chaleur dirigée sur elle, et que, par conséquent, l'instrument en était d'autant moins affecté.

Un miroir concave de verre fut substitué au réflecteur métallique, et l'une des boules, non couverte, du thermomètre différentiel, fut placée à son foyer. Lorsqu'on dirigea vers lui la face noircie du vase cubique, le miroir de verre réfléchit

une si petite quantité de chaleur, que le thermomètre en fut à peine affecté.

Le verre du miroir fut ensuite couvert d'une légère couche d'encre de la chine, et le thermomètre n'indiqua pas la moindre variation de température; tout le calorique rayonnant étant absorbé par le verre noirci.

Mais lorsque la surface du miroir eut été couverte avec une feuille d'étain, le thermomètre indiqua une élévation de température dix fois plus grande que celle qu'avait produite le miroir de verre nu.

Il résulte de ces expériences, que les corps qui émettent le plus de calorique rayonnant, l'absorbent dans la même proportion; et que les corps qui réfléchissent le mieux la chaleur, sont ceux qui ont le moins de pouvoir rayonnant.

M. Leslie fit aussi un grand nombre d'expériences, dans le but de déterminer jusqu'à quel point différentes substances peuvent intercepter le calorique rayonnant.

Un cadre, comme celui représenté dans la *fig.* 12, disposé pour recevoir différentes substances, était placé comme un écran entre le vase cubique d'étain et le réflecteur.

Lorsqu'une feuille d'étain était adaptée

au cadre et placée à deux pouces de la face noircie du vase d'étain, le thermomètre ne donnait aucune indication. Il en était de même, à quelque distance qu'on plaçât l'écran, parce que tout le calorique rayonnant, émané de la surface noircie du verre, était intercepté par la feuille d'étain.

Le même résultat fut produit par une feuille d'or, bien qu'elle fût 600 fois plus mince que la feuille d'étain.

Un morceau de verre ayant été placé à deux pouces de la face noircie du vase cubique, le thermomètre indiqua une élévation de température de 20 degrés; le verre ayant intercepté les 4/5 du calorique rayonnant, ou diminué des 4/5, l'effet produit par la face noircie du vase, lorsque rien n'était interposé entre elle et le réflecteur.

Lorsqu'au lieu d'une lame de verre, on interposait une feuille de papier entre la face noircie du vase cubique, et le réflecteur, l'élévation de température était d'environ 3 degrés plus grande qu'avec la lame de verre.

M. Leslie explique les effets du calorique rayonnant par une hypothèse qui lui est particulière. Il croit que l'air est, dans

ces expériences, le seul agent conducteur du calorique. Une certaine quantité d'air se trouvant en contact avec la surface échauffée, se dilate subitement, et communique aux molécules voisines l'impulsion qu'elle reçoit en même tems qu'une partie du calorique qu'elle a acquis.

Cette impulsion se communique de proche en proche; le calorique est conduit à travers l'espace, avec la vitesse du son, par une série d'ondulations ou de vibrations, résultant de l'impulsion primitive. Ces ondulations se propageant jusqu'au miroir réflecteur, sont réfléchies à son foyer.

Quant aux phénomènes résultant de l'interposition du verre et du papier entre le corps échauffé et le réflecteur, M. Leslie prétend que l'élévation de température indiquée par le thermomètre, n'est point produite par le calorique rayonnant passant à travers ces substances, mais par les ondulations dont nous venons de parler, et qui, transportant dans l'espace une partie du calorique émané du vase cubique, échauffent l'écran qui, à son tour, produit de semblables ondulations reçues directement par le miroir, et réfléchies sur la boule du thermomètre.

Plusieurs expériences viennent à l'appui de cette théorie. M. Leslie constata d'abord que, lorsqu'un feuillet mince de glace était interposé entre le vase cubique et le réflecteur, le thermomètre n'indiquait aucune élévation de température.

Deux pains de glace furent revêtus d'une feuille d'étain sur une de leurs surfaces. Lorsque tous deux furent placés dans l'écran, de manière que les feuilles d'étain fussent en dedans, et que les surfaces non couvertes de la glace fussent dirigées vers le vase cubique et le réflecteur, le thermomètre indiqua une élévation de température de 18 degrés.

Mais, lorsque les deux pains de glace furent placés dans une position contraire, c'est-à-dire lorsque leurs surfaces non couvertes furent tournées l'une vers l'autre, et que les feuilles d'étain furent dirigées vers le vase cubique et le réflecteur, le thermomètre ne donna aucune indication. M. Leslie tira donc, de ces faits, la conséquence que, puisque, dans les deux expériences, l'obstacle opposé au passage du calorique, était précisément le même, on devait attribuer deux résultats si différens à toute autre cause qu'à la supposition.

qu'une partie du calorique peut traverser les corps interposés.

Dans la première expérience, les surfaces présentées au vase cubique et au réflecteur, avaient la propriété de recevoir et de transmettre le calorique ; l'écran composé s'échauffa donc au moyen des ondulations, et la chaleur émise par lui fut transportée de la même manière au réflecteur, qui la renvoya à la boule du thermomètre.

Dans la seconde expérience, les deux surfaces recouvertes d'étain, n'étaient pas susceptibles de recevoir et d'émettre promptement le calorique, et, parconséquent, les effets des ondulations ne pouvaient pas s'étendre au delà de l'écran.

Il n'est pas nécessaire, néanmoins, d'adopter la théorie de M. Leslie pour expliquer ces phénomènes : ils reçoivent une explication également plausible de la théorie ancienne du calorique rayonnant. En admettant la possibilité des ondulations supposées par M. Leslie, il est difficile d'imaginer par quel moyen le calorique est conduit si rapidement de molécule en molécule, surtout si l'on réfléchit que la transmission de la chaleur, par les liqui-

des et les fluides aériformes est habituellement très-lente.

Cette théorie est, en outre, en contradiction avec les résultats obtenus par Herschell et M. Bérard, et elle ne peut également rendre compte de la transmission du calorique dans le vide où les ondulations ne peuvent avoir lieu, puisque la présence de l'air est nécessaire à leur existence.

Les expériences de MM. Dulong et Petit sont entièrement défavorables à l'opinion de M. Leslie, dont la théorie se trouve complétement renversée par la ruine de cette hypothèse; et l'expérience que nous allons décrire semble tout-à-fait concluante à cet égard. Elle appartient à sir Humphrey Davy.

Un morceau de fil de platine fut échauffé, au moyen de l'électricité voltaïque, dans un récipient, *fig.* 13, *pl.* III-IV, contenant deux réflecteurs concaves, au foyer de l'un desquels était la boule d'un thermomètre, tandis que le fil de platine échauffé était au foyer de l'autre. L'expérience fut d'abord faite, le récipient rempli d'air à la même densité que l'atmosphère, et répétée lorsque cet air fut réduit à la 120e partie de sa quantité primitive. La tempé-

rature indiquée par le thermomètre fut trois fois plus élevée lorsque le récipient ne contenait plus que cette petite quantité d'air, que lorsqu'il en était rempli.

Des résultats semblables furent obtenus par l'inflammation du charbon dans les mêmes circonstances.

M. Leslie, le comte de Rumford et d'autres, ont fait de nombreuses expériences sur le refroidissement des corps dans différentes circonstances, relativement au rayonnement du calorique.

Rumford trouva qu'un thermomètre suspendu dans le vide de Torricelli (*) mettait 10 minutes 12 secondes pour se refroidir de $+87\ 7/9$ à $+20°$.

Lorsque le même thermomètre était suspendu dans un récipient contenant de l'air à la densité de l'atmosphère, et de même dimension que celui dans lequel on avait fait le vide, l'abaissement de la température, pour un même nombre de degrés, s'opérait en 6 minutes 11 secondes. D'où Rumford conclut que la présence de l'air facilite le refroidissement.

(*) On nomme ainsi le vide que laisse au-dessus d'elle la colonne de mercure d'un baromètre. (Voyez le *Traité de Pneumatique.*)

Deux globes creux d'étain, de même diamètre, dont l'un était recouvert d'une couche de noir de fumée, et l'autre conservait son éclat métallique, furent remplis d'eau chaude, et exposés, par M. Leslie, à l'influence de divers courans d'air.

Dans la première expérience, ces globes furent exposés à un doux zéphir, et le globe brillant perdit la moitié de sa chaleur en 44 minutes; tandis que le globe noirci s'était refroidi, à la même température, en 35 minutes.

Exposés à un vent assez fort, le globe brillant perdit la moitié de sa chaleur en 23 minutes, et le globe noirci en 20 $^1/_4$ minutes; enfin un vent violent produisit le même effet sur le globe brillant en 9 $^1/_2$ minutes, et sur le globe noirci, en 9 minutes.

Ces diverses expériences démontrent suffisamment que le refroidissement des corps est accéléré en raison du mouvement de l'air.

M. Le lie remplit d'eau chaude un autre globe creux d'étain brillant, dans lequel était plongé la boule d'un thermomètre centigrade, et constata qu'il lui fallut 150 minutes pour abaisser sa température de $+35^\circ$ à $+25^\circ$. Mais lorsque le globe

fut couvert d'une couche de noir de fumée, il ne fut que 81 minutes pour se refroidir du même nombre de degrés.

Un vase d'étain, recouvert d'une couche mince de colle de poisson, perdit sa chaleur beaucoup plus rapidement; et son refroidissement fut d'autant plus prompt que cette couche était plus épaisse.

Lorsque les corps échauffés sont plongés dans l'eau, la nature de leur surface ne contribue plus à accélérer ou à ralentir leur refroidissement, parce que le rayonnement du calorique n'a plus lieu sous la surface de ce liquide.

On a également recherché combien de tems les corps échauffés mettaient à se refroidir dans différens gaz. Voici les résultats trouvés par M. Dalton. Un thermomètre plongé dans les gaz ci-dessous, s'abaissa d'un même nombre de degrés, dans le tems indiqué à chaque espèce de gaz.

	secondes.
Acide carbonique	112
Hydrogène sulfuré et protoxide d'azote	100
Gaz oléfiant	100
Air commun (mélange d'oxigène et et d'azote)	100

	Secondes.
Deutoxide d'azote	90
Hydrogène carboné	70
Hydrogène	40

Le tems qu'un corps emploie pour se refroidir dans différens gaz, varie selon le degré de densité du gaz dans lequel le corps est plongé; le refroidissement est plus lent lorsque le gaz est moins dense, et réciproquement. M. Leslie attribue les différences de refroidissement dans différens gaz, à la différence des pouvoirs conducteurs de ces gaz.

Le pouvoir rayonnant, et par conséquent le refroidissement de différentes substances dans l'air atmosphérique, ont été également constatés par M. Leslie. Le tableau suivant indique les résultats de ses expériences, c'est-à-dire, le nombre de secondes que chacune de ces substances a employées pour abaisser sa température d'un même nombre de degrés.

	Secondes.
Eau	100
Noir de fumée	100
Papier à écrire	98
Cire à cacheter	95
Verre	90

	secondes
Encre de la Chine	88
Glace	85
Minium	80
Plombagine (carbure de fer)	75
Talc	75
Plomb terni	45
Plomb brillant	19
Fer poli	15
Étain	12
Or, argent et cuivre	12

Les faits que nous venons de signaler, à l'occasion du calorique rayonnant, sont d'une plus grande importance qu'on ne pourrait le croire d'abord : car ils peuvent servir de base à une infinité de procédés ou de modifications pour les appareils employés dans les arts ou même dans l'économie domestique.

Toutes les fois, par exemple, qu'il est nécessaire, pour le succès d'une opération, de conserver à un liquide sa chaleur pendant un tems considérable, le vase qui contient ce liquide doit avoir une brillante surface métallique, parce que les surfaces de ce genre ont le moins de pouvoir rayonnant. Ainsi les cafetières, les théières, etc. sont ordinairement d'un métal brillant,

afin qu'elles conservent plus long-tems à l'eau la chaleur nécessaire pour extraire l'arôme du café et du thé ; cette extraction ne serait pas aussi complète dans des vases d'une autre matière.

Pour chauffer un appartement au moyen de la vapeur, il serait absurde de conduire la vapeur dans des tuyaux noircis ou même ternis, parce que, dans ce cas, la plus grande partie de la chaleur s'échapperait par le rayonnement avant que la vapeur arrivât à sa destination. Les tuyaux destinés à cet usage doivent donc être en métal brillant.

Il serait, au contraire, également absurde de donner de l'éclat aux tuyaux destinés à échauffer l'air d'un appartement ; parce qu'alors ces tuyaux retiendraient la chaleur, et qu'on manquerait son but. Les tuyaux noircis sont alors préférables.

Les vases destinés à recevoir la chaleur dans les opérations de la cuisine et dans celles des arts, ne doivent pas être brillans, parce que les surfaces brillantes réfléchissent et n'absorbent pas la chaleur, et l'on peut considérer comme une propriété très-utile, dans les diverses espèces de combustibles qu'on emploie habituelle-

ment, qu'ils noircissent la surface des vases métalliques, en les échauffant.

« C'est donc une propreté mal entendue que celle qui porte tant de personnes à exiger de leurs domestiques, qu'elles donnent, à tous les vases de leur cuisine, le plus grand éclat métallique possible à l'extérieur; car, par-là, elles augmentent considérablement la dépense du combustible, sans aucun avantage réel. »

Les propriétés des différentes couleurs pour absorber, réfléchir, ou faire rayonner le calorique, ne sont pas moins dignes d'attention pour régler le choix de nos vêtemens dans l'été et dans l'hiver.

Franklin, M. Leslie, sir H. Davy, et autres, ont prouvé que la couleur noire absorbe beaucoup plus de calorique que les autres couleurs et que, par conséquent, les vêtemens noirs ne sont pas convenables en été, puisqu'ils absorbent presque complétement la chaleur des rayons du soleil.

Mais, comme les surfaces qui absorbent le plus abondamment la chaleur, sont aussi celles qui lui permettent de s'échapper le plus facilement, il n'est pas plus convenable de porter des vêtemens noirs en

hiver qu'en été, parce qu'ils laissent alors échapper la chaleur du corps.

« Il résulte de ces observations que, pour avoir le moins chaud possible en été, et le moins froid possible en hiver, il faut ne porter que des vêtemens blancs, qui auraient la propriété de ne pas absorber la chaleur solaire en été, et de ne pas permettre à celle de notre corps de s'échapper en hiver. C'est un conseil que nous n'osons donner à personne. Outre l'inconvénient de porter des vêtemens très-salissans, la théorie de Franklin aura toujours, surtout chez les Français, un formidable adversaire: *la mode!* »

Si, au lieu du corps échauffé, employé dans les expériences précédentes, on se sert d'une masse de glace, tous les effets seront renversés, c'est-à-dire que la température du thermomètre, au lieu de s'élever s'abaissera rapidement. On attribuait autrefois ce phénomène au rayonnement du froid, ou *frigorifique*, principe auquel on a cessé de croire depuis long-tems.

A la vérité on a éprouvé beaucoup de difficultés pour expliquer ce phénomène remarquable. M. Leslie y appliquant sa théorie des ondulations de l'air, suppose qu'une partie du calorique étant enlevé par le corps froid, à l'air qui l'avoisine,

cet air, ainsi refroidi, se contracte subitement; ce qui occasione une suite d'ondulations ou de vibrations accompagnées d'une décharge de calorique sur le corps froid.

Des explications tirées de la théorie ancienne du calorique rayonnant, ont été données par Pictet, Prévost et Martin.

L'opinion la plus accréditée à ce sujet, est que ce phénomène peut être expliqué en supposant qu'il est produit par le rayonnement de la chaleur dans une autre direction; c'est-à-dire que le thermomètre est, dans ce cas, le corps le plus chaud.

Tous les corps exposés à l'air sont supposés émettre du calorique rayonnant à toutes les températures possibles. Leur température s'élève donc toutes les fois qu'ils reçoivent plus de calorique qu'ils n'en émettent, et s'abaisse quand ils en émettent plus qu'ils n'en reçoivent.

Le morceau de glace et le thermomètre envoient tous deux du calorique aux réflecteurs devant lesquels ils sont respectivement placés; mais la température de la glace étant plus basse que celle du thermomètre, cette glace envoie moins de calorique au thermomètre par l'intermédiaire des réflecteurs, que celui-ci ne lui en envoie par la même voie; la température du thermomètre doit donc s'abaisser.

CHAPITRE VII.

DU CALORIQUE SPÉCIFIQUE, ET DES CAPACITÉS DIFFÉRENTES DES CORPS POUR LA CHALEUR.

Les premières expériences sur cette matière furent faites par Fahrenheit, à la demande de Boerhaave. D'égales quantités du même liquide, comme de l'eau, de l'huile, de l'alcohol, étant mélangées ensemble à différentes températures, il en résultait une température moyenne; la moitié de l'excès de calorique que possédait une portion du liquide était promptement communiquée à l'autre et le tout acquérait bientôt une température égale. Mais lorsque des liquides de différentes espèces étaient mélangés à diverses températures, on remarquait des effets bien différens.

En effet, l'eau et le mercure mêlés ensemble à volumes égaux, l'eau ayant une température plus élevée, produisirent un mélange dont la chaleur était plus grande que n'aurait du l'être la tempéra-

ture moyenne des deux liquides. Lorsqu'avant le mélange c'était le mercure qu'on avait le plus échauffé, la température qui en résultait était plus basse que la température moyenne. Trois parties, en volume de mercure, mêlées avec deux d'eau, à différentes températures, donnèrent une température moyenne, comme lorsque d'égales quantités d'eau, échauffées à différens degrés, étaient mêlées ensemble.

Boerhaave tira de ces expériences, la conséquence que la chaleur n'est pas distribuée dans les corps en raison de la quantité de matière dont ils sont composés, puisque l'effet produit par le mercure pour élever la température, est beaucoup moindre que celui résultant d'un même volume d'eau, bien que le premier soit treize fois plus pesant que l'autre.

Mais Boerhaave tira, de ces mêmes expériences, une autre conséquence complétement inexacte. Convaincu que la chaleur n'est pas distribuée dans les différens corps en raison de la quantité de matière qu'ils renferment, il en conclut, en opposition avec les expériences mêmes d'où il tirait ses inductions, que la chaleur est distribuée en raison du volume des corps, ou mieux, de l'espace occupé par eux. La

même opinion fut adoptée, sans examen, par Muschenbroock.

Les travaux de Black, de Wilcke, d'Irvine, de Crawford, de Lavoisier, de Gadolin, et d'autres savans, sur cette branche difficile de la science, amenèrent un résultat contraire. Toutes leurs expériences tendirent à prouver que des poids, ou des volumes égaux de différens corps, contiennent d'inégales quantités de calorique à toutes les températures données.

Les expériences au moyen desquelles on arriva à ce résultat, furent exactement les mêmes que celles de Fahrenheit. D'égales portions du même liquide, mais à des températures différentes, furent mêlées ensemble, et il en résulta une température moyenne; mais, lorsque deux corps d'espèces et de température différentes furent mêlés ensemble à volumes ou à poids égaux, la température résultante ne fut pas la température moyenne entre les deux corps.

Ainsi, par exemple, si on mêle une livre d'eau, échauffée à + 34 degrés centigrades, avec une livre de mercure à 0, la température résultante sera 33 degrés, au lieu d'être 17 degrés, température moyenne.

Dans cette expérience, l'eau perd un

degré de sa température, et le mercure en gagne 33. Ce qui prouve que la quantité de calorique nécessaire pour élever une livre de mercure à 33 degrés, est la même que celle qui élèverait, d'un degré, la température d'une livre d'eau ; ou, en d'autres termes, que la quantité de calorique qui élève, d'un degré, la température d'une livre d'eau, élevait de 33 degrés une livre de mercure.

D'où l'on peut conclure, que la capacité de l'eau pour le calorique, est à la capacité du mercure, comme 33, est à 1.

En renversant l'expérience, c'est-à-dire, en mêlant une livre de mercure échauffée, à 34 degrés centigrades, avec une livre d'eau à 0, la température du mélange, sera 1. Le mercure perdra 33 degrés, et l'eau n'en gagnera qu'un.

Le docteur Black, porta la température d'une livre d'or, à + 65 $^5/_9$ degrés, et la plongea dans une livre d'eau dont la température était + 10 degrés ; la température résultante fut 12 $^7/_9$ degrés. L'or perdit par conséquent 52, $^7/_9$ degrés, et l'eau en gagna 2, $^7/_9$; d'où il conclut que la capacité de l'or pour le calorique, est à celle de l'eau comme 1 est à 19.

La règle la plus généralement employée

pour trouver, par l'expérience et le calcul, les capacités relatives des différens corps pour le calorique, est la suivante :

Multipliez le poids de chaque corps par le nombre de degrés formant la différence entre la température primitive et la température résultante du mélange, les capacités de ces corps pour le calorique seront en raison inverse des produits...

Ou, si les mélanges ne sont pas formés de quantités égales, *les capacités des corps pour le calorique sont réciproquement comme les quantités de matières multipliées par leur changement respectif de température.*

Si nous comparons les quantités de calorique nécessaires pour élever, à une température donnée, des volumes égaux de différentes substances, l'expérience nous démontrera que ces quantités de calorique seront différentes. L'eau exige plus de deux fois autant de calorique pour atteindre une température donnée, qu'un même volume de mercure.

On a imaginé différentes méthodes, dans le but de déterminer la capacité des corps pour le calorique, en constatant les quantités comparatives de calorique

qu'ils contiennent à une température donnée. La méthode que Wilcke employait pour opérer sur les substances solides était celle-ci :

Il suspendait, au moyen de fils, des poids connus de différentes substances en expérience, dans l'eau bouillante et il les y laissait jusqu'à ce qu'elles eussent atteint la même température. Il les suspendait ensuite dans l'eau froide, et notait avec soin la température à laquelle ce dernier liquide s'élevait. Il pensa aussi que le *calorique spécifique*, ou la quantité comparative de calorique existant dans les corps à des températures données, pourrait être déterminé par la quantité de glace ou de neige que chacun de ces corps pourrait liquéfier.

Mais cette méthode n'est pas suffisamment exacte, surtout à cause de la difficulté de constater la quantité de l'eau produite, qui reste adhérente à la neige ou à la glace non fondue.

Lavoisier et Laplace s'occupèrent aussi d'expériences du même genre, et inventèrent, sur les mêmes principes, un appareil auquel ils donnèrent le nom de *calorimètre*, *fig.* 14, *pl.* III-IV.

Il est composé de trois vases emboîtés l'un dans l'autre, et désignés par les let-

tres *a*, *b*, *c*. Le vase *a* est formé d'un treillis à jour en fil d'archal, et est destiné à recevoir les corps en expérience. Il est figuré, sur une plus grande échelle en *a* 2, et est suspendu au moyen de barreaux de fer, au milieu du vase intermédiaire *b* qui contient de la glace pilée, afin que le calorique du corps, placé dans la cage de fil d'archal, agisse plus promptement sur elle. L'eau produite passe à travers un grillage placé au fond, et s'écoule par le tuyau *d*, dans un vase *e*, placé pour la recevoir. Le troisième vase *c* contient un mélange d'eau et de glace, pour empêcher la température de l'atmosphère d'exercer son influence sur le corps et la glace en expérience, en les environnant d'une température qui soit constamment à 0. La cage *a* ou *a* 2, a un couvercle particulier *f*, qu'on remplit également de glace pilée, et tout l'appareil est enfin surmonté par un double couvercle *g*, dans lequel est un mélange d'eau et de glace.

L'appareil étant ainsi préparé, le corps échauffé dont on veut connaître le calorique spécifique est placé, à une température connue dans la cage *a*, sur laquelle on replace immédiatement les couvercles *f* et *g*; on l'y laisse jusqu'à ce que sa tempé-

rature soit réduite à 0, et l'on estime la chaleur que le corps a perdue, par la quantité d'eau qui s'est écoulée dans le vase *e*. Suivant Lavoisier et Laplace, la glace, en se liquéfiant, absorbe autant de calorique qu'il en faudrait pour élever la température d'un même poids d'eau de 75 degrés centigrades.

Au moyen de nombreuses expériences, faites avec cet appareil, ils déterminèrent les quantités de calorique développées par différens corps, en passant d'une température à une autre plus basse; et reconnurent par-là les quantités comparatives de calorique qu'ils contenaient.

Pour déterminer le calorique spécifique d'un liquide, ils le mettaient dans un matras de verre, suspendu dans la cage de fil d'archal, en tenant compte de l'effet produit par le verre, effet qu'ils avaient déterminé à l'avance et séparément.

Quant aux substances gazeuses soumises à l'épreuve du calorimètre, ils leur faisaient traverser un tube contourné en spirale dans la cage de fil d'archal, et muni d'un thermomètre à chaque extrémité.

Pour empêcher le contenu du vase extérieur d'être gelé pendant l'expérience faite avec cet appareil, il est nécessaire que

la température de l'air extérieur soit au moins un peu au-dessus de 0. Car si le vase extérieur pouvait être refroidi au dessous de ce point, il absorberait la chaleur du vase intermédiaire, ce qui contrarierait le résultat de l'expérience.

Néanmoins, la température ne doit pas être élevée beaucoup au-dessus de 0 : car, dans ce cas, l'air renfermé dans l'intérieur de l'appareil étant plus pesant que l'air extérieur, descendrait et s'échapperait par le tube *d*; ce qui occasionerait un courant ascendant d'air chaud qui irait remplacer l'air froid, et qui fondrait une partie de la glace, indépendamment de celle liquéfiée par le corps en expérience.

Wedgewood remarqua deux sources d'inexactitude dans l'emploi de cet appareil : l'une d'elles résulte de ce qu'une portion de l'eau produite par la fusion de la glace est retenue par l'attraction capillaire, entre les pores de la glace non fondue, de sorte que le vase *e*, ne reçoit pas toute la quantité d'eau produite.

Lavoisier et Laplace, voulant remédier à cette cause d'erreur, exposèrent la glace pilée à l'air libre pendant quelque tems avant de commencer l'expérience, afin que

les pores de cette glace fussent préalablement remplis d'eau.

Wedgewood remarqua également que pendant que la fusion de la glace s'opérait dans la partie supérieure du vaisseau intermédiaire, l'eau se congelait de nouveau en filtrant à travers la glace de la partie inférieure ; circonstance très-défavorable à l'exactitude de l'expérience.

Méyer pensait que les quantités comparatives de calorique existant dans les corps, peuvent être déterminées par le tems que des quantités égales de ces corps mettent à se refroidir, d'un égal nombre de degrés. Il considérait que la capacité de chaque corps pour le calorique était comme le tems du refroidissement, estimé par le volume ; ou, si on le divisait par la pesanteur spécifique de la substance, on avait la capacité de cette substance estimée pour les poids.

Cette méthode a été employée par MM. Dalton et Leslie, qui la considèrent comme moins susceptible d'objections qu'aucune de celles employées jusqu'alors ; bien qu'on puisse aisément démontrer que son exactitude est très-douteuse (*).

(*) Cette méthode a été employée dans ces

De grandes difficultés s'opposent à la détermination du calorique spécifique des fluides élastiques, à différentes températures. La méthode qu'on a le plus fréquemment employée, consiste à constater le nombre de degrés qu'une quantité donnée de ces fluides a pu communiquer, à une certaine température ; néanmoins, malgré les difficultés dont nous venons de parler, le docteur Crawford passe pour s'être le plus approché de la vérité dans ses nombreuses expériences, aussi délicates qu'ingénieuses.

M. Leslie a proposé de déterminer la capacité des fluides élastiques pour le calorique, par la méthode suivante :

La capacité des fluides élastiques, pour le calorique, s'accroissant par la raréfaction, on enlèverait d'abord une partie de l'air contenu dans le récipient d'une machine pneumatique. Dans ce récipient serait suspendu un thermomètre très-délicat, et on donnerait à l'appareil ainsi disposé, le tems de prendre la température extérieure de l'atmosphère, ce qu'indiquerait le thermomètre. Alors on rendrait un peu

---

derniers tems par M. Despretz, professeur de physique au collége royal de Henri IV.

d'air au récipient ; cet air condenserait, jusqu'à un certain point, l'air raréfié, diminuerait sa capacité pour le calorique qui serait ainsi mis en liberté ; ce qui produirait une élévation de température que le thermomètre intérieur indiquerait.

Enfin, en répétant plusieurs fois cette expérience avec de l'air commun, puis ensuite avec différens gaz, et en comparant les divers effets produits, M. Leslie pense qu'on pourrait déterminer la capacité des fluides élastiques pour le calorique.

M. Gay-Lussac a élevé de fortes objections contre cette méthode qu'il considère comme très-défectueuse. Il paraît résulter des expériences de ce dernier savant, qu'une partie de la chaleur produite par le procédé de M. Leslie, est due au gaz qu'on laisse entrer dans le récipient après la raréfaction, ce qui modifie matériellement le résultat obtenu. M. Gay-Lussac pense également que quelques circonstances qui auront échappé à l'observation de M. Leslie, l'ont induit en erreur sur les conséquences à tirer de ses expériences ; puisque ces mêmes expériences, répétées avec le plus grand soin par le savant français, ont produit des résultats différens.

Par exemple, M. Leslie prétendait d'après ses expériences, que le calorique spécifique de l'hydrogène, est le même que celui de l'air commun, à volumes égaux. M. Gay-Lussac, opérant sur ces deux fluides élastiques, d'après la méthode indiquée par M. Leslie, observa une très-grande différence entre les effets produits; et sans néanmoins donner une décision formelle et positive à ce sujet, il pensa qu'il existait des raisons de croire que le calorique spécifique de différens gaz, à volumes égaux, est en raison inverse de leur pesanteur spécifique, et, pour le même gaz, en raison directe de sa densité.

Voulant, à son tour, trouver une méthode pour déterminer le calorique spécifique des gaz, M. Gay-Lussac imagina de faire rencontrer, au milieu d'un petit récipient où se trouve un thermomètre, un courant de gaz échauffé, et un courant de gaz froid. Le thermomètre indique la température du mélange; et, comme on a constaté la température de chacun des deux gaz avant leur mélange, il est facile alors de déterminer le rapport entre leur calorique spécifique respectif.

Les capacités pour le calorique, de beaucoup de fluides aériformes, ont été cal-

culées par M. Dalton, d'après une méthode qui lui est particulière, et qui est basée sur la supposition que chaque molécule de tous les fluides élastiques contient la même quantité de calorique, sous la même pression atmosphérique, et à la même température. Le tableau suivant indique les résultats trouvés par M. Dalton.

Gaz hydrogène	9.382
Azote	1.866
Air atmosphérique	1.759
Ammoniaque	1.555
Gaz oléfiant	1.555
Oxigène	1.333
Hydrogène carboné	1.333
Vapeur d'eau	1.166
Vapeur d'éther	0.848
Deutoxide d'azote	0.777
Oxide de carbone	0.777
Vapeur d'alcohol	0.586
Hydrogène sulfuré	0.583
Protoxide d'azote	0.549
Vapeur d'acide nitrique	0.491
Acide carbonique	0.491
Acide hydrochlorique	0.424

MM. Bérard et Delaroche, imaginèrent de produire un courant uniforme du gaz,

Digitized by Google

dont ils voulaient déterminer le calorique spécifique, en le faisant sortir d'un gazomètre, et en le faisant passer dans un tuyau de quarante pouces de longueur, entouré d'un autre tuyau plus large et constamment rempli par la vapeur de l'eau bouillante, qui échauffait par conséquent le tuyau intérieur, ainsi que le gaz qu'il contenait. La température de ce gaz était donc bien connue, puisqu'elle était celle de la vapeur de l'eau bouillante. On le faisait alors passer lentement dans un tube contourné en spirale, et plongé dans un vase cylindrique, appelé *calorimètre*, et contenant de l'eau froide. Lorsque le gaz sortait de ce tube, sa température, indiquée par un thermomètre dont la boule était placée à l'orifice même de ce tube, était constamment la même que celle de l'eau du calorimètre. Le calorique spécifique de chacun des gaz soumis à l'expérience, était donc déterminé par le degré de température qu'ils communiquaient à l'eau du calorimètre, en se refroidissant.

Le mémoire de ces deux savans a remporté le prix proposé par l'Académie des Sciences.

Concevons, disent-ils en parlant de leur calorimètre, un cylindre de cuivre, de six pouces de long et de trois de dia-

mètre, rempli d'eau distillée, dans laquelle plonge un serpentin d'environ cinq pieds de long, formant huit spirales, dont les deux extrémités sont en dehors du cylindre, l'une en haut, l'autre en bas; si l'on fait passer, dans ce serpentin, un courant régulier de gaz, maintenu, avant son entrée, à une température élevée et constante, ce courant pourra être considéré comme une source uniforme de chaleur, et l'eau du cylindre comme le corps échauffé.

En conséquence, si nous répétons la même expérience sur chaque gaz, dont nous voudrons constater le calorique spécifique, chaque courant élèvera la température du cylindre à un point fixe, où elle deviendra stationnaire. Ainsi, à partir de ce point, l'excès de température du cylindre, au-dessus de celle de l'air ambiant, est proportionnel à la quantité de chaleur abandonnée par le courant de gaz circulant dans le cylindre.

Nous obtiendrons donc, par cette méthode, et avec la plus grande exactitude, le calorique spécifique ou relatif des gaz soumis à l'expérience.

Il existe néanmoins deux méthodes pour les comparer avec l'eau. La première consiste à soumettre le cylindre appelé calorimètre, à l'action d'un courant d'eau

parfaitement régulier, et assez lent pour produire un plus grand effet que le courant de gaz intérieur.

La seconde méthode consiste à déterminer, par le calcul, la quantité réelle de calorique que le calorimètre, parvenu à sa température stationnaire, peut perdre dans un tems donné. En effet, puisque, après avoir atteint ce point, il ne peut plus s'échauffer davantage, bien que la même quantité de calorique y afflue constamment, il est évident qu'il perd autant de chaleur qu'il en reçoit.

Les résultats obtenus par MM. Delâroche et Berard sont consignés dans le tableau suivant; le calorique spécifique de l'air atmosphérique, servant de point de départ, est considéré comme 1.

	à volumes égaux.	à poids égaux.	pesanteur spécifique.
Air.....	1.	1.	1.
Hydrogène...	0.9033	12.3401	0.0732
Acide carbonique.....	1.2583	0.8280	1.5196
Oxigène.....	0.9765	0.8848	1.1036
Azote.....	1.0000	1.0318	0.9691
Protoxide d'azote.....	1.3503	0.8878	1.5209
Gaz oléfiant...	1.5530	1.5763	0.9889
Oxide de carb.	1.0340	1.0805	0.9569

Le tableau suivant donne le rapport du calorique spécifique de plusieurs gaz, comparé à celui d'un poids égal d'eau.

Oxigène	0.2361
Azote	0.2754
Eau	1.0000
Air	0.2669
Hydrogène	3.2936
Acide carbonique	0.2210
Protoxide d'azote	0.2369
Gaz oléfiant	0.4207
Oxide de carbone	0.2884
Vapeur d'eau	0.8470

A l'exception de l'hydrogène, dont le calorique spécifique est beaucoup plus considérable que celui de tous les autres corps, tous les gaz désignés dans les tableaux ci-dessus ont moins de calorique spécifique que l'eau, et plus qu'aucun des métaux.

Les résultats de ces expériences sont contraires à la théorie imaginée par Irwine, adoptée par Crawford, Leslie et autres, et d'après laquelle on suppose que le développement de calorique, produit par la combinaison des corps, est le résultat de la diminution du calorique spécifique dans le corps composé.

On a fait de nombreuses expériences, pour déterminer le calorique spécifique en suspendant, dans un milieu froid et uniforme, les corps échauffés à une température donnée, et en observant le tems qu'ils employaient pour se refroidir d'un même nombre de degrés, toutes circonstances égales d'ailleurs. On en concluait que leur calorique spécifique était en raison directe du tems employé au refroidissement.

La méthode au moyen de laquelle MM. Dulong et Petit, déterminèrent le calorique spécifique des métaux, consiste à les réduire en limaille très-fine, dont on remplit un petit vase cylindrique d'argent très-mince, au centre duquel est la boule d'un thermomètre, qu'on entoure de cette limaille fortement pressée. On échauffe le tout à quelques degrés au-dessus de la température de l'air ambiant, et on le suspend au centre d'un vase dont l'intérieur est noirci, et dont on enlève l'air, afin de rendre le refroidissement plus lent; ce refroidissement s'opère en 15 minutes environ, bien que le récipient vide d'air soit entouré de glace fondante.

« Il n'est pas inutile d'ajouter que la quantité de limaille employée à chaque

expérience, ainsi que la température à laquelle on élève le petit appareil avant de l'introduire dans le vide, doivent être toujours les mêmes, pour donner des résultats comparables entre eux. »

Le tableau suivant donne les résultats obtenus par MM. Dulong et Petit, dans leurs expériences sur le calorique spécifique des métaux, celui de l'eau sert d'étalon et est représenté par 1.

Bismuth	0.0288
Plomb	0.0293
Or	0.0298
Platine	0.0314
Étain	0.0514
Argent	0.0557
Tellure	0.0912
Zinc	0.0927
Cuivre	0.0949
Nickel	0.1035
Fer	0.1100
Cobalt	0.1498
Soufre	0.1880

D'après tout ce qui vient d'être établi sur la capacité des corps pour la chaleur, et sur leur calorique spécifique, il est évident qu'il existe entre ces deux propriétés,

un rapport tellement intime, qu'on emploie souvent, sans confusion, l'une de ces expressions pour l'autre. En effet, la capacité des corps pour le calorique signifie la propriété relative des corps pour recevoir et retenir le calorique à toute température donnée, quelques corps en recevant et en retenant plus que d'autres; et l'expression de calorique spécifique s'applique à la quantité de calorique reçue et retenue à toute température donnée.

Quelle que soit la cause de la différence de capacité qu'on remarque dans les corps pour le calorique, il paraît que cette capacité est beaucoup influencée par la densité de ces mêmes corps, bien qu'il n'y ait pas entre ces deux états de rapports régulièrement invariables. Par exemple; l'hydrogène qui est le plus léger de tous les corps, est aussi celui qui a la plus grande capacité pour le calorique; et les métaux qui sont les plus denses, sont ceux qui en ont le moins.

La capacité d'un même corps pour le calorique peut augmenter, si l'on diminue sa densité. Ainsi, le froid excessif qu'on éprouve dans les régions élevées de l'atmosphère est attribué à l'augmentation présumée de la capacité de l'air pour le calorique.

Au contraire, en augmentant la densité d'un corps, on diminue sa capacité pour le calorique, parce qu'alors une certaine quantité de calorique est mise en liberté, et se manifeste par des effets sensibles. Par exemple : si l'on condense subitement de l'air atmosphérique, en le réduisant rapidement à un cinquième de son volume, on produit un développement de calorique capable d'allumer de l'amadou. Si cette condensation est produite dans un tube de verre, on peut distinguer instantanément un vif éclat de lumière.

Si l'on suppose que le calorique est un corps matériel dont les molécules auraient une tendance à se répandre également dans l'espace, il paraîtrait naturel de penser qu'il s'introduirait en plus grande quantité dans les corps dont les molécules sont le plus écartées les unes des autres. Par conséquent, les corps qui ont le moins de densité, auraient aussi la plus grande capacité pour le calorique : et, comme les molécules des différens corps attirent probablement le calorique avec divers degrés de force, on pourrait attribuer à cette différence d'attraction, le plus ou le moins de calorique retenu par ces corps à toute température donnée. A la vérité, cette attraction

serait purement mécanique, et ne donnerait pas lieu à une combinaison intime comme le font les attractions chimiques ; le calorique conserverait, dans ce cas, toutes ses propriétés sans altération.

CHAPITRE VIII.

DE LA QUANTITÉ ABSOLUE DE CALORIQUE QUE LES CORPS POSSÈDENT A TOUTE TEMPÉRATURE DONNÉE.

Il est évident que tous les corps doivent contenir des quantités limitées de calorique; mais, comme il n'est point en notre pouvoir de les en dépouiller entièrement, il devient très-difficile de déterminer combien un corps renferme encore de calorique, lorsqu'on a abaissé sa température autant que possible.

A l'époque où le docteur Irwine s'occupait de recherches sur la capacité des corps pour le calorique, il lui vint dans l'idée que, si les quantités de calorique contenues dans les corps sont en proportion

de leur capacité, la connaissance de la capacité d'un corps dans ses différens états, en même tems que celle de la quantité de calorique qu'il absorbe ou qu'il développe lorsqu'il change de forme, pourrait servir à déterminer la quantité totale de calorique existant dans le corps.

Ainsi, par exemple, la capacité de l'eau pour le calorique, est à celle de la glace, comme 40 est à 9. L'eau, à la température de + 10°, contient un dixième de calorique de plus que la glace à la même température. Avant que la glace puisse passer à l'état liquide, elle doit absorber ce dixième de calorique, que l'on peut mesurer.

Le docteur Black estime ce dixième à 77.7° T.C.; c'est-à-dire que, pour se liquéfier, la glace exige autant de calorique qu'il en faudrait pour élever la température d'un poids égal d'eau, de 77.7°. Ce nombre de degrés multiplié par 10, doit donner la quantité totale de 777° de calorique que l'eau contient à 0. Ce même nombre de degrés pris en descendant, donnerait donc le zéro réel ou *absolu* de l'eau; c'est-à-dire le point imaginaire auquel tout le calorique de l'eau lui serait enlevé.

Plusieurs autres savans, se sont occu-

pés de cette recherche, et n'ont obtenu, de leurs expériences variées, que des résultats peu d'accord entre eux.

Le docteur Crawford, basant ses calculs sur la capacité respective des parties constituantes de l'eau, et sur les phénomènes qui accompagnent leur combinaison, établit que le zéro absolu de l'eau est à 851 degrés T.C. au-dessous du point de congélation.

Gadolin mesura la capacité du sel marin et de ses solutions dans des quantités données d'eau; et, ayant observé le degré de froid produit par ces solutions, il en tira la conséquence que le zéro absolu de l'eau est à 795° 5/9 au-dessous du point de congélation.

Le même savant obtint ainsi plusieurs nombres déduits d'autres expériences sur le mélange de l'acide sulfurique et de l'eau, et sur celui de la neige et du sel. Ces nombres variaient de 83.9° 17.94° T.C. au-dessous du point de congélation de l'eau.

Les résultats obtenus par Lavoisier et Laplace, se concilient difficilement les uns avec les autres, ou avec ceux trouvés par d'autres savans. Des expériences sur un mélange de chaux vive et d'eau, don-

nèrent pour zéro absolu, 192.2°, T.C. au-dessous du point de congélation ; celles faites sur l'acide sulfurique et l'eau donnèrent 405.2°; et enfin, ils obtinrent, d'un mélange d'acide nitrique, et de chaux vive, un zéro absolu, placé à 13242 degrés au-dessous du point de congélation.

MM. Clément et Desormes fixèrent le zéro absolu à 249 degrés au-dessous du point de congélation ; tandis que MM. Dulong et Petit le placèrent à l'infini.

Il serait superflu de faire remarquer que des résultats si divers, ne peuvent donner aucune certitude aux déductions qu'on pourrait en tirer, et qu'ils ne peuvent, par conséquent, servir de base à aucun calcul.

CHAPITRE IX.

DU CALORIQUE LATENT, DE LA LIQUIDITÉ, DE LA GAZÉITÉ, DE LA VAPORISATION ET DE LA DISTILLATION.

PARAGRAPHE PREMIER.

Du calorique Latent.

L'HONNEUR d'avoir fait l'importante découverte que de grandes quantités de calorique doivent pénétrer les corps et s'y cacher, pour ainsi dire, afin de les faire passer de l'état solide à l'état liquide, et de celui-ci à l'état de vapeur, paraît universellement accordé au docteur Black. Sa première expérience décisive eut lieu en décembre 1761 à Glascow, où il était professeur de chimie.

Cette expérience consistait à comparer le tems qu'un poids donné d'eau employait pour élever la température d'un degré, avec le tems que le même poids de glace employait pour se liquéfier; bien entendu

que, dans les deux cas, on appliquait une chaleur égale et déterminée.

Ensuite, il renversait l'expérience, c'est-à-dire, il comparait le tems qu'employait un poids donné d'eau, pour abaisser sa température d'un degré, et le tems employé par un poids égal d'eau pour se congeler.

Par ce moyen, il fut à même de constater que la quantité de chaleur nécessaire pour faire passer un poids donné de glace à l'état liquide, est égale à celle qui élèverait de 77 7/9 degrés, T.C. La température d'un même poids d'eau.

Il constata aussi que cette même quantité de chaleur est mise en liberté et rendue sensible, lorsque l'eau passe de l'état liquide à l'état solide.

Remarquant, en outre, que cette quantité de chaleur rigoureusement nécessaire à l'état liquide, n'était sensible, ni au toucher, ni au thermomètre, le docteur Black, lui donna le nom de *chaleur cachée*, ou *Latente:* on la désigne plus généralement aujourd'hui sous le nom de *calorique Latent*.

Le docteur Black fut conduit à cette importante découverte, en cherchant à constater les phénomènes qui ont lieu dans

quelques opérations de la nature, notamment dans la fonte de la glace et de la neige.

Si l'on place une certaine quantité de glace ou de neige dans une chambre échauffée, la neige ou la glace atteint graduellement la température de 0, si elle était avant au-dessous de ce point. Alors elle commence à fondre et reste à cette température jusqu'à ce que le tout soit entièrement fondu; car toute la chaleur qui entre dans la glace ou la neige fondante se change en calorique latent nécessaire à la fusion. Lorsque le tout est liquéfié, la température commence de nouveau à s'élever et atteint enfin celle de l'appartement.

La lenteur avec laquelle la glace se fond dans les glacières, et le tems considérable qu'emploient la neige et la glace pour se liquéfier lorsqu'elles sont amoncelées en grande quantité, furent aussi l'objet des observations du docteur Black qui décrit, dans ses leçons, les effets qui auraient lieu si une grande quantité de chaleur n'était pas nécessaire pour fondre la neige et la glace. Il affirme que, dans le cas contraire, la terre serait, après chaque hiver, ravagée par des torrens et des inon-

dations qui détruiraient tout sur leur passage avec une telle rapidité, que les hommes même pourraient difficilement se soustraire à leurs ravages.

Dans une autre expérience, le docteur Black se servit de deux vases de verre très-minces, en forme de globes, ayant à peu-près les mêmes dimensions et le même poids, dans chacun desquels il mit cinq onces d'eau pure. Il fit congeler l'eau de l'un de ces vases, dans un mélange de neige et de sel, et l'exposa suspendu dans une très-grande pièce, à l'action de l'atmosphère, jusqu'à ce que la glace fût entièrement fondue.

L'autre vase contenant la même quantité d'eau, à la température de 33 degrés Fahrenheit (un degré au-dessus de la glace fondante), dans laquelle était suspendu un thermomètre très-délicat, fut placé dans la même situation. Au bout d'une demi-minute, le thermomètre marqua la même température que celle de l'eau; après quoi il monta constamment, et il indiquait, au bout d'une demi-heure, 40 degrés Fahrenheit. L'accroissement de température avait été observé de cinq minutes en cinq minutes.

Au moment où l'on retira du mélange

frigorifique, le vase contenant la glace, la température de celle-ci était de quatre à cinq degrés plus basse que celle de la glace fondante.

Lorsqu'elle arriva à ce point, et qu'elle commença à fondre, on prit note du tems qu'elle avait employé pour y arriver, et on laissa la glace se fondre pendant dix heures et demie. A cette époque, une petite masse spongieuse de glace restait encore à la surface de l'eau, bien que les parties du liquide qui avoisinaient les bords du vase eussent atteint la température de 40 degrés Fahrenheit. Peu de minutes après, toute la glace était devenue liquide.

Ainsi, il paraît que la même quantité de chaleur, qui avait été capable d'élever la température de l'eau de sept degrés en une demi-heure, avait employé dix heures et demie, ou vingt-une demi-heures pour élever au même degré la température de la glace; de sorte que 21 multipliés par 7, donneront le nombre de degrés de chaleur absorbée par la glace.

En effet, la température à laquelle les deux vases étaient exposés, dans des circonstances exactement semblables, était de 38 degrés Fahrenheit. L'eau, en une demi-heure, atteignit 40 degrés, ce qui

indiquait, pour ce liquide, une augmentation de température, équivalant à 7 degrés; la glace, après être restée exposée aux mêmes influences, atteignit la même température en 21 demi-heures.

Il est évident que, pendant chaque demi-heure, la glace avait reçu à peu-près la même quantité de calorique que l'eau pendant la demi-heure qui lui suffit pour élever sa température de 7 degrés; de sorte qu'en multipliant le nombre de demi-heures, par le nombre de degrés de chaleur fourni à l'eau pendant une demi-heure, ou en multipliant 21 par 7, on aura 147 pour le nombre de degrés de chaleur fournis à la glace pendant les 21 demi-heures employées par elle pour élever sa température de 7 degrés.

En d'autres termes, la quantité de chaleur reçue par la glace, aurait élevé la température de l'eau à 147 degrés; mais, de cette quantité, 8 degrés seulement furent signalés par le thermomètre : de sorte que 139 ou 140 degrés de chaleur devaient avoir été absorbés pour liquéfier la glace.

Plus tard, le docteur Black imagina une autre méthode pour examiner les mêmes effets; il prépara un morceau de glace d'une forme convenable, pesant 59 $^1/_2$

gros (*), et le plongea dans une quantité d'eau à la température de 88° T.C. et pesant 67 $^1/_2$ gros. Toute la glace fut liquéfiée en quelques secondes, et la température du liquide fut immédiatement abaissée à 11° $^2/_3$, ainsi que le vase de verre qui contenait l'eau chaude.

Il avait préalablement constaté que le pouvoir des vases pour échauffer les corps n'était pas plus de la moitié de celui de l'eau. Le poids du vase était de 8 gros; mais, eu égard à son moindre pouvoir calorifique, ces 8 gros ne furent comptés que comme quatre gros d'eau.

Donc, dans cette expérience, la température de 67 $^1/_2$ gros d'eau, plus 4 gros ayant le même pouvoir calorifique, fut abaissée de 76° $^1/_3$. Ces 76 $^1/_3$ degrés de chaleur ayant été communiqués à 59 $^1/_2$ gros de glace à 0°, élèverait seulement cette température de 11° $^2/_3$; bien que, d'après les proportions de l'eau chaude et de la glace, la température moyenne aurait dû être de 47 degrés; ou, en d'autres

(*) Le gros anglais équivaut à 1 gramme 770 milligr.

termes, que la température de la glace aurait dû être élevée de 47 degrés.

Une quantité de chaleur, égale à 36 degrés, fut donc subitement perdue, pendant la liquéfaction du morceau de glace, et cette même quantité de chaleur aurait, d'après le calcul du docteur Black, élevé la température d'un poids d'eau, égal à celui de la glace, de 79° $^4/_9$.

Le même savant simplifia cette expérience, en mettant un morceau de glace dans un poids égal d'eau à la température de 80° T. C. La glace fut fondue, et la température totale du liquide fut réduite à 0°.

Cette expérience réussira d'une manière très-satisfaisante si, à une livre de neige nouvellement tombée, on ajoute une livre d'eau à la température de + 77° $^7/_9$. La neige sera entièrement fondue, et la température résultante sera 0°.

Il paraîtrait donc que le calorique, en pénétrant les corps solides, les rend susceptibles de passer à l'état liquide, en détruisant ou en affaiblissant, jusqu'à un certain point, l'influence de l'attraction de cohésion qui lie les molécules entre elles, en les écartant à de plus grandes distances, et en leur donnant la facilité de se mou-

voir librement les unes autour des autres.

On pense néanmoins que cette liberté de mouvement est due à quelque chose de plus qu'à l'affaiblissement de l'attraction de cohésion.

Le professeur Robison supposait que, tant qu'une substance conserve l'état solide, ses molécules s'attirent plus fortement entre elles, dans une direction que dans une autre; que, par conséquent, elles affectent des positions particulières, et opposent plus ou moins de résistance à toute force qui tendrait à changer ces positions.

Mais lorsque ces molécules passent à l'état liquide, elles s'attirent, suivant le docteur Robison, avec une égale force dans toutes les directions, de sorte que, n'étant pas plus retenues d'un côté que de l'autre, elles peuvent se mouvoir à la plus légère impulsion, bien que leur attraction réciproque soit à peine diminuée.

On a souvent affirmé que l'état solide est l'état naturel de tous les corps. Mais la justesse de cette assertion est douteuse; car on peut citer diverses substances qui affectent constamment différens états, selon la température du climat où elles se trouvent. L'éther sulfurique, par exem-

ple, s'offre toujours à l'état liquide dans nos climats; il resterait constamment solide dans les parties les plus froides des régions polaires; et, sous l'équateur, il ne pourrait, à moins d'une pression mécanique considérable, prendre un autre état que celui de fluide aériforme.

§ II.

De la Liquidité.

Tous les liquides, à l'exception de l'alcohol, ont été réduits à l'état solide, et l'on pense généralement qu'on parviendrait à solidifier ce dernier, si l'on pouvait produire un froid assez considérable pour abaisser sa température au point où il se congèlerait. Les fluides aériformes ou élastiques sont dans le même cas; et l'on pourrait les faire passer tous à l'état liquide, et de là à l'état solide, si l'on parvenait à abaisser suffisamment leur température.

Tous les corps solides qui ne se décomposent pas à la température ordinaire de l'atmosphère, sont susceptibles d'être convertis en liquides, et même, pour la plupart, en vapeurs, au moyen des températures élevées que l'industrie moderne est parvenue à produire.

Lorsque les corps qui conservent l'état liquide à la température moyenne de l'atmosphère, deviennent solides, nous disons qu'ils sont *gelés*, et lorsque des corps qui sont habituellement solides deviennent liquides, nous disons qu'ils sont *fondus* ou *liquéfiés*.

Le passage de l'eau gelée et des métaux à l'état liquide, étant produit par la même cause, nous pouvons considérer l'eau comme de la *glace fondue*, et cette expression aura autant de justesse que celle de *métaux fondus*, que nous employons pour désigner les substances métalliques à l'état liquide.

Il est impossible, dans l'état ordinaire des choses, de fondre ou de liquéfier un grand nombre de substances composées, particulièrement celles qui appartiennent aux règnes animal et végétal, parce qu'elles se décomposent à de très-basses températures. Mais sir James Hall est parvenu à en liquéfier plusieurs, notamment le charbon, en le soumettant à une température très-élevée, en même tems qu'à une très-grande pression, qui prévenait l'évaporation ou la déperdition de ses molécules à l'état gazeux.

On ne peut élever, sans qu'elle se li-

quéfie, la température de la glace au-dessus du 0 T.C. Mais l'eau peut, dans certaines circonstances, être refroidie au-dessous de ce point, sans se congeler. M. Dalton est parvenu à abaisser l'eau à — 15° centigrades, sans qu'elle se solidifiât.

L'agitation du liquide est la principale chose à éviter dans les expériences de ce genre, parce qu'elle détermine immédiatement la congélation.

Le docteur Black a prouvé que l'eau qu'on avait fait bouillir, se congèle plus promptement que celle qu'on n'a pas soumise à l'ébullition ; il en attribuait la cause à une légère agitation produite à la surface du liquide par l'attraction de l'air. Tout ce qui peut diminuer la transparence de l'eau produit le même effet ; aussi ce liquide ce congèle-t-il beaucoup plus rapidement lorsqu'il tient quelque corps en dissolution, que lorsqu'il est pur. Mais le moyen le plus efficace pour déterminer la congélation de l'eau, lorsque sa température est abaissée au-dessous de 0 centigrade, est d'y introduire une aussi petite quantité qu'on voudra, de glace ou de neige : la cristallisation commence instantanément.

Sir Charles Blagden exposa à l'influence

de l'atmosphère, dont la température était d'environ — 7 degrés centigrades, et par un tems parfaitement calme, deux vases contenant de l'eau distillée. L'un de ces deux vases était légèrement couvert avec une feuille de papier, tandis que l'autre était découvert. La température du premier s'abaissa au-dessous de 0 degré centigrade, sans que le liquide se congelât; tandis que la glace se formait invariablement à la surface du second, avant qu'un thermomètre qui y était plongé, indiquât tout-à-fait le point de congélation, ou 0° T.C.

Sir Charles Blagden expliqua ce phénomène par la supposition que les molécules d'eau congelées qui flottent dans l'atmosphère à cette température, arrivaient en contact avec l'eau du vase découvert, et déterminaient le commencement de la congélation. Quant à l'autre vase, le papier qui le recouvrait empêchait ces mêmes molécules de parvenir jusqu'à l'eau.

On peut attribuer à la même cause la non congélation de l'eau, lorsqu'elle est recouverte d'une couche d'huile.

Les magnifiques aiguilles qui se croisent suivant certains angles, et se dirigent en tous sens, au commencement de la congé-

lation de l'eau, et l'augmentation de volume qui en résulte, prouvent que cette opération de la nature est une véritable cristallisation, dans laquelle les molécules du liquide s'unissent par certains points de leur surface, de préférence à d'autres.

L'agitation du liquide, en facilitant sa cristallisation, aide probablement les molécules à prendre les positions les plus favorables à leur solidification.

D'un autre côté, on a remarqué qu'en déterminant une agitation intérieure entre les molécules du liquide, on rendait la congélation encore plus rapide qu'en agitant seulement la masse ; et qu'enfin une secousse subite donnée au vase contenant l'eau refroidie au-dessous de 0 centigrade, est le genre de mouvement le plus efficace pour produire la congélation.

On explique l'effet produit par l'introduction d'un morceau de glace ou de neige, dans l'eau refroidie au-dessous de 0 centigrade, en supposant qu'il dépend de la force d'attraction, exercée par le morceau de glace sur les molécules de l'eau qui lui sont contiguës, ce qui les détermine à prendre la position la plus favorable à leur union avec d'autre molécules ; et la même influence s'exerçant de molécule en mo-

lécule, la congélation s'opère avec rapidité.

On peut rendre très-apparens plusieurs des phénomènes que nous venons de décrire dans la congélation de l'eau, en les examinant dans la cristallisation d'autres liquides : le plus convenable, pour cet objet, c'est une solution de sulfate de soude.

Prenez un flacon dont la forme est représentée par la *fig.* 15, *pl.* III-IV ; remplissez-le d'une solution saturée de sulfate de soude presque bouillante, et bouchez hermétiquement le flacon, de manière à empêcher l'air extérieur d'y entrer, soit en recouvrant le bouchon avec plusieurs morceaux de vessie, soit par tout autre moyen. Laissez-le ensuite se refroidir jusqu'à ce qu'il soit à la même température que l'air extérieur. A cette époque, vous remarquerez que la surface du liquide est plus basse que lorsqu'il était chaud. Placez alors un fil autour du flacon pour marquer le point où se trouve cette surface; puis, ayant reconnu, avec la main, la température du flacon, percez-en le bouchon avec une pointe très-aiguë, pour admettre dans l'intérieur la pression atmosphérique.

La surface du liquide sera agitée par la subite admission de l'air, et il est très-probable que la cristallisation commencera aussitôt. Si elle ne s'opérait pas immédiatement, ce qui arrive quelquefois, on la déterminerait en laissant tomber dans le liquide un très-petit morceau de sulfate de soude solide. Il arrive rarement que ce petit morceau passe au-dessous de la surface du liquide avant que les molécules, attirées par ce noyau solide, s'arrangent d'elles-mêmes autour de lui, en magnifiques rayons cristallisés qui, augmentant rapidement de volume, s'étendent dans toute la masse liquide dont la solidification est bientôt presque complète.

Si, pendant la cristallisation, on tient la main contre le flacon, on en trouve la température assez chaude, parce qu'une très-grande quantité de calorique est mise en liberté par le passage du liquide à l'état solide.

Enfin il restera probablement à l'état liquide une petite quantité de la solution dont la surface sera alors beaucoup plus élevée que le fil au moyen duquel on avait indiqué cette surface avant la cristallisation; ce qui prouve que le nouvel arrangement pris par les molécules, pour affecter l'état

solide, exige plus de place qu'à l'état liquide.

On a pensé généralement que la pression atmosphérique est nécessaire pour déterminer la cristallisation dans cette expérience ; mais il arrive quelquefois, comme nous l'avons déjà dit, que cette pression est insuffisante, tandis que l'introduction d'un petit morceau solide réussit plus constamment.

Il est donc plus probable que, lorsque la cristallisation s'effectue au moment où l'air est admis, ce phénomène est produit par des molécules solides qui s'introduisent dans le flacon en même tems que l'air, et qui servent de noyaux ou de points d'attraction, au moyen desquels la cristallisation peut commencer.

Le docteur Black observa les phénomènes qui accompagnent la liquéfaction de diverses substances, et qui avaient rapport à la théorie du calorique latent ; son opinion à ce sujet était que le même raisonnement qui s'applique à la fusion de la glace, est également applicable à la fusion des autres substances.

Le docteur Irwine fit, à la demande du docteur Black, diverses expériences sur le spermacéti, ou blanc de baleine, sur

la cire d'abeille, et sur d'autres subtances. Il remarqua qu'en se liquéfiant, le spermacéti absorbait, sans que sa température fût sensiblement plus élevée, une quantité de calorique suffisante pour élever celle de la même substance, fondue de 78° T.C. et même 82°.

La cire d'abeille en absorbait 97 1/3 et l'étain 277.

Le docteur Black pensait que l'amollissement qu'on remarque dans certaines substances, avant qu'elles passent à l'état liquide, est produit par l'absorption d'une certaine quantité de calorique qui, toutefois, n'est pas suffisante pour déterminer la fusion.

Il considérait aussi la malléabilité et la ductilité des métaux, comme dépendant de l'absorption du calorique.

« Je considère donc, dit-il, les métaux comme des substances qui ont le pouvoir de retenir fortement une certaine quantité de chaleur latente qui produit leur dureté et leur malléabilité. Mais je pense que cette chaleur peut leur être enlevée par une violente agitation, la compression ou le frottement de leurs parties, en les forçant à prendre une autre forme.

« Les métaux qu'on considère comme

les plus parfaits, retiennent cette chaleur latente avec le plus d'énergie; et, dans certains cas, ils la retiennent, bien qu'on les étende par le martelage, à un degré étonnant. Quoique le fer, qui est un métal plus pur que l'acier, en contienne davantage et ne paraisse pouvoir la retenir qu'un peu plus, on ne peut l'enlever au fer qu'à grands coups de marteau, ou par une forte compression. Dans l'acier, non-seulement on peut la lui enlever par le martelage, mais encore par un soudain et violent refroidissement. C'est ce qui arrive dans l'opération qu'on désigne sous le nom de *trempe de l'acier*. On porte l'acier à la température rouge, et on le plonge subitement dans l'eau froide. Ce passage rapide du chaud au froid rend l'acier extrêmement dur mais en même tems très-fragile.

« Nous devons donc en conclure que ce refroidissement subit et violent, empêche l'acier de retenir la quantité de chaleur latente, qu'il aurait conservée si on l'eût laissé se refroidir lentement.

« Lorsqu'on fait subir la même opération au fer, il ne perd que très-peu de chaleur latente (*). »

(*) *Black's Lectures* vol. 1.

§ III.

De la Vapeur.

Bien qu'avant 1762, le docteur Black n'eût pas trouvé l'occasion de faire des expériences satisfaisantes sur la quantité de chaleur qui devient latente pendant la conversion de l'eau en vapeur, il avait néanmoins fait depuis long-tems de nombreuses observations sur le fait lui-même.

Il avait remarqué que chaque addition de chaleur appliquée à un liquide, produit une élévation de température, jusqu'à ce que le liquide arrive au point de l'ébullition ; mais qu'alors, quelle que soit la violence de cette ébullition, le liquide ne s'échauffe pas davantage, et que la vapeur qu'il produit n'est pas à une température plus élevée que celle du liquide. Il en conclut donc, qu'une grande quantité de chaleur était absorbée par la vapeur, et y devenait latente.

Il avait également remarqué la chaleur considérable que manifeste le serpentin d'un alambic, et s'était convaincu que, lorsque la vapeur se convertit en liquide, sa chaleur latente est mise en liberté, et devient sensible.

Les expériences au moyen desquelles il obtint la preuve que ses conjectures reposaient sur des fondemens réels, furent simples et convaincantes.

Il appliqua la chaleur à une petite quantité d'eau, dont la température était à + 50 degrés Fahrenheit, et tint note du tems que cette eau employa pour arriver au degré de l'ébullition.

Il continua d'y appliquer la chaleur, jusqu'à ce que toute l'eau fût convertie en vapeur, et il trouva que la vaporisation de l'eau exigeait 810 degrés Fahrenheit, ou cinq fois autant de chaleur qu'il en avait fallu pour la faire bouillir; d'où il conclut que 810 degrés de chaleur avaient été absorbés par la vapeur.

Renversant l'expérience, il convertit une livre d'eau en vapeur, qu'il fit passer dans le serpentin d'un alambic, et remarqua que la température de 40 livres d'eau qui entouraient le serpentin, s'était élevée de 20 degrés; il en conclut que 800 degrés de chaleur avaient été mis en liberté par la condensation de la vapeur.

Une fiole, dont les parois étaient très-fortes, fut à moitié remplie d'eau, bouchée hermétiquement et échauffée dans un bain de sable. Lorsque l'eau fut entrée

en ébullition, et qu'une forte pression s'exerçait dans l'intérieur de la fiole, le docteur Black, enleva subitement le bouchon, et remarqua, avec une vive satisfaction, la réalisation d'une de ses conjectures; c'est-à-dire, qu'une partie seulement de l'eau s'était convertie en vapeur, et que la température du reste ne dépassait pas le point de l'ébullition. Par-là, il acquit la certitude que l'excédant de la chaleur au-dessus de ce point, était employé à former la vapeur.

Une expérience de même genre, faite plus tard par Watt, obtint un résultat encore plus satisfaisant.

Il mit trois pouces d'eau dans un petit digesteur (*) de cuivre, en vissa le couvercle, et laissa la soupape de sûreté ouverte. Il le plaça alors sur un feu clair de charbon, et lorsqu'il commença à bouillir et à produire de la vapeur, il l'y laissa

---

(*) Le digesteur, ou la marmite de Papin, est un vase de métal très-fort, et hermétiquement fermé, dans lequel on peut porter les liquides ou d'autres substances, à une température beaucoup plus élevée qu'on ne pourrait le faire à l'air libre. La *marmite autoclave* est construite sur le même principe.

encore une demi-heure, la soupape de sûreté toujours ouverte ; alors il l'enleva de dessus le feu, et constata que l'eau avait diminué d'un pouce.

Watt répéta ensuite l'expérience d'une autre manière ; il mit également trois pouces d'eau dans le digesteur, le plaça sur le même feu qu'auparavant, mais ferma la soupape de sûreté lorsque l'eau commença à bouillir.

Au bout d'une demi-heure, la température de l'appareil était de quelques degrés au-dessus du point de l'ébullition ; Watt l'enleva de dessus le feu, le posa sur des cendres, et souleva un peu la soupape de sûreté. La vapeur s'élança au dehors, avec une grande violence, produisant un sifflement aigu, qui dura environ deux minutes. Lorsque ce sifflement eut cessé, il referma la soupape de sûreté, et laissa l'appareil se refroidir. Lorsqu'il l'ouvrit, il trouva que l'eau avait également diminué d'un pouce.

La conséquence que le docteur Black tira de ces deux expériences de Watt, fut que, dans chacune d'elles, la même quantité de chaleur avait pénétré le liquide, et qu'il s'en était échappé autant avec la

vapeur retenue dans le vase, et qu'on avait laissée partir d'un seul coup, que pendant la vaporisation plus lente du liquide lorsque le digesteur était ouvert.

Sous la pression ordinaire de l'atmosphère, la température de l'eau ne peut pas être élevée au-dessus du point de l'ébullition. Mais lorsqu'on soumet ce liquide à une plus grande pression, en le renfermant dans un vase sans ouverture, sa température peut s'élever à un très-haut degré; et, si l'excès du calorique n'est pas suffisant pour convertir toute l'eau en vapeur, au moment où l'on ouvrira le vase, toute la vapeur formée se précipitera dehors, et le reste du liquide sera à la température de l'eau bouillante.

La basse température à laquelle l'eau peut bouillir dans le vide, fut également observée par le docteur Black, et ce phénomène fut expliqué par lui d'après la même théorie.

L'évaporation de l'alcohol et de l'éther en donne une nouvelle preuve : le docteur Cullen remarqua qu'en mouillant la boule d'un thermomètre avec l'un de ces deux liquides, et en l'exposant à l'air, sa température s'abaissait rapidement.

Plus la tendance que possèdent les liquides pour passer à l'état de vapeur est grande, plus leur évaporation est hâtée ; et, en les exposant à un courant d'air, plus l'abaissement de température produit est grand. Un vase contenant de l'eau dans laquelle était plongé un autre vase rempli d'éther sulfurique, fut placé par Cullen sous le récipient d'une machine pneumatique; un thermomètre y était suspendu de manière qu'au moyen d'une verge métallique qui traversait le sommet de ce récipient, on pouvait, à volonté, plonger la boule du thermomètre dans l'éther et l'en retirer.

Lorsqu'on fit le vide sous le récipient, l'éther se mit à bouillir avec violence, et se convertit rapidement en vapeur. Cette évaporation abaissa tellement la température intérieure du récipient, que l'eau qui s'y trouvait se congela, bien que la température de la chambre fût à + 12° T. C.

Cette expérience donne la preuve que l'éther ne peut conserver la forme liquide, lorsqu'il est soustrait à la pression atmosphérique, et que, lorsqu'il passe à l'état gazeux, il absorbe une grande quantité de calorique.

Lavoisier démontra, par l'expérience, que dans les combinaisons, lorsque quel-

ques portions des substances qui se combinent, passent à l'état gazeux, il se développe moins de chaleur que dans d'autres combinaisons où aucun fluide aériforme n'est produit. En effet, dans le premier cas, une portion du calorique est rendu latent, pour faire passer une partie des substances à l'état gazeux; et dans le second, ce calorique est mis tout entier en liberté.

Dans le but de prouver que le calorique latent absorbé par l'eau, est mis en liberté lorsque le liquide passe à l'état de glace, le docteur Black, soumit, dans deux vases semblables, de l'eau pure, et de l'eau contenant un peu de sel en dissolution, à l'influence d'une atmosphère dont la température était au-dessous de 0. L'eau pure commença à se congeler, et resta à la température de 0, parce que la chaleur produite par la congélation de cette eau, était suffisante pour contre-balancer la soustraction de calorique que lui faisait éprouver l'atmosphère plus froide dont cette eau était environnée. Au contraire, la température de l'eau qui contenait du sel en dissolution, continua de s'abaisser, sans se congeler, beaucoup au-dessous de 0.

Mais le développement de calorique, ou

son passage de l'état latent à l'état sensible, est bien plus remarquable lorsque la vapeur d'eau se condense et reprend la forme liquide. Le docteur Black, après de nombreuses expériences faites avec un alambic, estima cette quantité de calorique de 750 ou 774 degrés Fahrenheit. Watt répéta ces expériences avec un petit alambic mieux adapté à ce but, et obtint, comme résultat moyen de beaucoup de recherches, 825 degrés Fahrenheit pour la quantité de calorique mise en liberté.

Il adopta ensuite un autre mode d'expérience : un cylindre métallique, muni d'un piston parfaitement ajusté, fut rempli de vapeur, l'air ayant été préalablement expulsé. Le piston fut alors poussé avec force vers le fonds du cylindre, ce qui comprima la vapeur, et détermina un développement de calorique qui, d'après le calcul de Watt, aurait pu élever de 943 degrés Fahrenheit, la température d'un corps de même poids que l'eau, et ayant la même capacité pour le calorique, mais qui n'aurait pas été susceptible de se vaporiser.

Nous n'avons pas l'intention, dans ce Traité, de nous étendre beaucoup sur l'application de ces découvertes au perfectionnement de la machine à vapeur. Cependant

nous croyons devoir indiquer ici quelques uns de ses effets.

Lorsque l'attention de Watt fut dirigée vers cette machine, on se servait encore de la pompe à feu de Newcommen dont nous allons donner une courte description.

L'action de cette machine était produite par l'introduction de la vapeur d'eau, sous un piston parfaitement ajusté dans un cylindre métallique. Lorsque la force élastique de la vapeur avait fait monter le piston, un jet d'eau froide projeté dans le cylindre, condensait la vapeur et produisait un vide au-dessous du piston; la pression atmosphérique exerçait alors toute son énergie sur ce dernier, et le forçait ainsi à descendre au fond du cylindre. La vapeur s'introduisait encore une fois sous le piston, le forçait à remonter; et aussitôt une nouvelle injection d'eau froide en déterminait la descente. Enfin, comme dans les machines modernes, la tige du piston était attachée à l'une des extrémités d'un levier, ou d'un balancier qu'elle mettait en mouvement, par son ascension et sa descente alternatives.

Il est évident que, dans cette opération, une immense quantité de vapeur était employée à élever la température du cylindre

au degré de l'ébullition, chaque fois qu'il avait été refroidi tant par l'injection de l'eau froide, que par son exposition à l'influence de l'atmosphère, et que, par conséquent, une quantité proportionnelle de calorique se trouvait perdue. Cette quantité, suivant les calculs de Watt, n'était pas moindre que la moitié du calorique produit pour le travail de la machine. Watt remarqua que le refroidissement du cylindre enlevait à la vapeur qui s'y introduisait ensuite une grande partie de son calorique latent, et la condensait par conséquent, jusqu'au moment où le cylindre était revenu à la température de l'eau bouillante.

Pour remédier à ce grave inconvénient, il imagina, après de nombreuses expériences, de condenser la vapeur dans un récipient séparé, sans refroidir le cylindre. Il établit donc une communication entre le cylindre et ce récipient auquel il donna le nom de *condensateur*, qu'il fit plonger dans l'eau froide, et dont l'air fut préalablement enlevé. Dans cet appareil, lorsque la vapeur a produit son effet sur le piston, une soupape s'ouvre par l'action même de la machine, et permet à la vapeur de se répandre dans le condensateur, dont la basse température la réduit sur-le-champ en eau.

Telle est la plus importante des nombreuses inventions de Watt.

Pour prévenir le refroidissement intérieur du cylindre par la présence de l'air atmosphérique, et, en outre, pour économiser le calorique, Watt imagina d'exclure l'air au-dessus du piston, en en faisant passer la tige dans un collier ou une boîte à étoupe qui remplit parfaitement ce but sans empêcher la tige du piston de se mouvoir. La vapeur est alors introduite alternativement dessus et dessous le piston. Lorsque, par sa force élastique elle l'a fait monter au haut du cylindre, une soupape s'ouvre, la vapeur entre dans le condensateur où elle est convertie en eau, et forme le vide au-dessous du piston; alors elle s'introduit par dessus et le force à descendre dans le vide qui vient de se produire au-dessous. Elle s'échappe à son tour dans le condensateur lorsque le piston est arrivé au bas du cylindre et produit un nouveau vide par dessus; ce qui permet à une nouvelle quantité de vapeur qui s'introduit en dessous de faire remonter le piston, qui redescend aussitôt parce que le même résultat se reproduit alternativement en dessus et en dessous.

C'est ainsi que cette machine produit

son action et développe sa puissante énergie sans le secours de la pression atmosphérique.

Il paraît certain que, lorsque Watt commença ses recherches et ses travaux sur la vapeur, il n'avait à sa disposition ni les moyens pécuniaires, ni le loisir d'employer des appareils compliqués, et qu'il fit la plupart de ses expériences avec des fioles d'apothicaires ; c'est avec des moyens aussi simples qu'il découvrit qu'un pouce cube d'eau produit un pied cube ou 1728 pouces cubes de vapeur, et que le calorique, mis en liberté par la condensation de cette quantité de vapeur, est suffisant pour élever la température de six pouces cubes d'eau au degré de l'ébullition.

On estime généralement, aujourd'hui, que la vapeur de l'eau bouillante occupe 1800 fois le volume de l'eau qui a servi à la produire.

L'appareil employé par le docteur Ure dans ses recherches sur le calorique latent des vapeurs, et qu'il regarde comme parfaitement adapté à ce but, est extrêmement simple. Il consiste en une petite cornue de verre avec un col très-court, engagé dans un récipient sphérique de verre très-mince, d'environ trois pouces de diamètre. Ce récipient est entièrement plongé dans

une certaine quantité d'eau à une température connue, et contenue dans un bassin de verre.

Il mettait dans la cornue 200 grains anglais du liquide sur la vapeur duquel il voulait diriger ses recherches et le distillait rapidement au moyen d'une lampe d'Argant, ou d'un quinquet dont la flamme était placée sous la cornue.

Lorsque le docteur Ure fit ses expériences, la température de l'atmosphère était de $+7^{\circ}\,{}^{2}/_{9}$ T.C. et celle de l'eau dans le bassin de $+5^{\circ}$, ${}^{5}/_{9}$, à 6°. Le calorique que la condensation de la vapeur fournissait à l'eau du bassin, n'éleva jamais sa température à plus de 4 degrés au-dessus de celle de l'atmosphère, et chaque opération durait cinq à six minutes. Un thermomètre très-délicat était constamment promené dans l'eau du bassin ; on en lisait les indications en très-petites parties de degrés, au moyen d'une lentille.

Le peu d'élévation de température produite dans ces expériences, fit penser au docteur Ure que l'air atmosphérique avait peu d'influence sur les résultats. L'eau du bassin pesait 32340 grains anglais (4 liv. 7 onces 1 gros 29 grains, ou 2 kil. 153 gram. 915 milligr.), et le globe de verre était

maintenu au centre de cette eau au moyen d'un anneau très-délié qui en entourait le col. Les expériences furent répétées un grand nombre de fois et eurent toujours les mêmes résultats qui sont indiqués dans le tableau suivant :

Vapeur de l'eau bouillante, prise pour étalon, ou point de départ.....		1000
Idem.	de l'alcohol (pesanteur spécifique 0.825)....	457
Idem.	de l'éther bouillant à 44° 4/9 T.C.....	312.9
Idem.	de l'huile de pétrole..	183.8
Idem.	de l'huile de térébenthine.....	183.8
Idem.	de l'acide nitrique (pesanteur spéc. 1.494).	550
Idem.	de l'ammoniac liquide (pesanteur spéc. 0.978)	865.9
Idem.	du vinaigre (pesanteur spécifique 1.0107)...	903

Les expériences de Watt le conduisirent encore à découvrir que le calorique latent de la vapeur est dans le rapport inverse du degré de pression sous lequel elle est produite, c'est-à-dire que ce calorique est

d'autant moindre que la pression est plus grande.

M. Clément se servit d'un petit bouilleur à vapeur, capable de supporter un haut degré de pression, et le fit communiquer, au moyen d'un tuyau avec une quantité donnée d'eau, à une température connue, et contenue dans un bassin où il fit arriver pendant quelque tems la vapeur produite par le bouilleur, à la température de l'eau bouillante. Il mesura ensuite l'accroissement de température et de volume que l'eau avait acquis dans cette expérience.

Le bouilleur fut ensuite échauffé de nouveau jusqu'à ce que la vapeur produite eût acquis deux fois la force élastique qu'elle possède à la température de l'eau bouillante. Cette vapeur fut alors admise dans une autre quantité d'eau, égale à la première, et placée dans les mêmes circonstances, jusqu'à ce que le volume de cette eau eût acquis le même accroissement. Le résultat de cette seconde expérience fut que l'eau avait acquis la même température que la première fois.

Il obtint un résultat identique d'une troisième expérience, dans laquelle la force élastique de la vapeur était égale à trois atmosphères, ou, si l'on veut, égale à trois

fois celle qu'elle possède sous la pression atmosphérique.

Ces diverses expériences l'amenèrent à conclure que des poids égaux de vapeur, à quelque température que ce soit, contiennent d'égales quantités de calorique, et que le calorique latent diminue dans le rapport de l'augmentation du calorique sensible.

Le tableau suivant indique la force élastique de la vapeur d'eau à différentes températures, exprimée en millimètres de mercure.

Température. C.	Force élastique.	Température. C.	Force élastique.
— 20	1,333	— 5	3,660
— 19	1,429	— 4	3,907
— 18	1,531	— 3	4,170
— 17	1,638	— 2	4,448
— 16	1,755	— 1	4,745
— 15	1,879	0	5,059
— 14	2,011	+ 1	5,393
— 13	2,152	+ 2	5,748
— 12	2,302	+ 3	6,123
— 11	2,461	+ 4	6,523
— 10	2,631	+ 5	6,947
— 9	2,812	+ 6	7,396
— 8	3,005	+ 7	7,871
— 7	3,210	+ 8	8,375
— 6	3,428	+ 9	8,909

Température. C.	Force élastique.	Température. C.	Force élastique.
+ 10	9,475	+ 37	45,038
+ 11	10,074	+ 38	47,579
+ 12	10,707	+ 39	50,147
+ 13	11,378	+ 40	52,998
+ 14	12,087	+ 41	55,772
+ 15	12,837	+ 42	58,792
+ 16	13,630	+ 43	61,958
+ 17	14,468	+ 44	65,627
+ 18	15,353	+ 45	68,751
+ 19	16,288	+ 46	72,393
+ 20	17,314	+ 47	76,205
+ 21	18,317	+ 48	80,195
+ 22	19,417	+ 49	84,370
+ 23	20,577	+ 50	88,742
+ 24	21,805	+ 51	93,301
+ 25	23,090	+ 52	98,075
+ 26	24,452	+ 53	103,06
+ 27	25,881	+ 54	108,27
+ 28	27,390	+ 55	113,71
+ 29	29,045	+ 56	119,39
+ 30	30,643	+ 57	125,31
+ 31	32,410	+ 58	131,50
+ 32	34,261	+ 59	137,94
+ 33	36,188	+ 60	144,66
+ 34	38,254	+ 61	151,70
+ 35	40,404	+ 62	158,96
+ 36	42,743	+ 63	166,56

Température. C.	Force élastique.	Température. C.	Force élastique.
+ 64	174,47	+ 91	545,80
+ 65	182,71	+ 92	566,95
+ 66	191,27	+ 93	588,74
+ 67	200,18	+ 94	611,18
+ 68	209,44	+ 95	634,27
+ 69	219,06	+ 96	658,05
+ 70	229,07	+ 97	682,59
+ 71	239,45	+ 98	707,63
+ 72	250,23	+ 99	733,46
+ 73	261,43	+ 100	760,00
+ 74	273,03	+ 101	787,27
+ 75	285,07	+ 102	815,26
+ 76	297,57	+ 103	843,98
+ 77	310,49	+ 104	873,44
+ 78	323,89	+ 105	903,64
+ 79	337,76	+ 106	934,81
+ 80	352,08	+ 107	966,31
+ 81	367,00	+ 108	994,79
+ 82	382,38	+ 109	1032,04
+ 83	398,28	+ 110	1066,06
+ 84	414,73	+ 111	1100,87
+ 85	431,71	+ 112	1136,43
+ 86	449,26	+ 113	1172,78
+ 87	467,38	+ 114	1209,90
+ 88	486,09	+ 115	1247,81
+ 89	505,38	+ 116	1286,51
+ 90	525,28	+ 117	1325,98

Température. C.	Force élastique.	Température. C.	Force élastique.
+ 118	1366,22	+ 125	1669,31
+ 119	1407,24	+ 126	1715,58
+ 120	1448,83	+ 127	1762,56
+ 121	1491,58	+ 128	1810,25
+ 122	1534,89	+ 129	1858,63
+ 123	1578,96	+ 130	1907,67
+ 124	1623,67		

Le petit bouilleur à vapeur *a*, *fig.* 16, *pl.* III-IV, est l'appareil le plus convenable qu'on ait encore imaginé pour les expériences sur le calorique latent.

Il est surmonté de deux tubes, *b d*, munis chacun d'une clé de robinet, et sur l'un desquels est vissé le tuyau coudé *e*. Lorsqu'on veut déterminer le calorique latent de la vapeur, on met dans le bouilleur *a*, une certaine quantité d'eau qu'on échauffe au moyen d'un quinquet *f*; on fait plonger l'extrémité du tuyau *e* dans un vase *g*, contenant une quantité déterminée d'eau, à une température donnée qu'indique un thermomètre *h*. Un autre thermomètre *c* dont la boule est dans la capacité du bouilleur, traverse sa paroi supérieure, et sert à déterminer sa température.

Lorsque l'eau du bouilleur *a* a bouilli pendant quelque tems, on détermine l'augmentation du poids de l'eau dans le vase *g*, et le thermomètre indique quelle quantité de calorique a été fournie à cette eau, par la condensation d'une quantité de vapeur égale à l'accroissement du poids du liquide.

On peut alors comparer l'effet produit à celui qui résulterait de l'addition d'un poids égal d'eau bouillante, et l'on trouvera qu'un poids donné de vapeur à 100 degrés centigrades, a la propriété d'échauffer l'eau beaucoup plus qu'un poids égal du même liquide à la même température.

Le docteur Ure remarque que c'est à la capacité supérieure de la vapeur pour le calorique qu'est dû l'état stationnaire de l'eau bouillante à la température de l'ébullition, dans des vaisseaux ouverts, et sur le feu le plus ardent. Il a reconnu que les vapeurs qui ont le moins de calorique latent ne sont pas susceptibles, d'après le mode de leur formation, de tenir les liquides qui les produisent à la température uniforme de leur point d'ébullition; c'est surtout ce qu'on remarque dans l'huile de térébenthine, dans l'huile de pétrole, et dans l'acide sulfurique qui, lorsqu'ils sont

échauffés sur un feu vif, dans des fioles de verre commun, élèvent leur température de 11° à 12° T.C au-dessus du point où ils bouillent dans des capsules hémisphériques.

Les gaz ont, comme les vapeurs, une très-grande capacité pour le calorique, et, lorsqu'ils passent à l'état solide où à l'état liquide, il se produit un développement considérable de calorique. La fixation ou, si l'on veut, la solidification d'une matière gazeuse (l'oxigène) dans la combustion des corps, a été considérée, par Lavoisier et d'autres savans, comme la seule source du calorique développé pendant la combustion.

La cause de l'ébullition des liquides est la formation de la vapeur, au fond des vases où le calorique est ordinairement appliqué. La vapeur, étant beaucoup plus légère que le liquide, s'élève continuellement en bulles à la surface, et s'échappe: le passage de ces bulles de vapeur, à travers la masse de ce liquide, produit cette agitation qu'on y remarque, et à laquelle on a donné le nom d'ébullition.

Sous la pression moyenne de l'atmosphère, l'eau bout, près du niveau de la mer, à la température de 100° T.C. Mais,

lorsque cette pression diminue, il faut une température moins élevée pour produire l'ébullition. Ainsi, par exemple, si l'on échauffe de l'eau sur une montagne, plus l'on se sera élevé, moins il faudra de calorique pour déterminer l'ébullition de l'eau, parce que la colonne d'air qui presse la surface du liquide est beaucoup moindre que dans la plaine.

C'est sur ce principe qu'est construit le *baromètre thermométrique* de Wollaston. Cet instrument indique la hauteur où l'on se trouve au-dessus du niveau de la mer, par la quantité de calorique nécessaire pour faire bouillir l'eau à cette élévation. Suivant cet auteur (en convertissant les données qu'il indique en mesures françaises), une différence de 1° T.C dans le point de l'ébullition de l'eau, est produite par la différence de hauteur qui abaisse le baromètre ordinaire de 0,025 millimètres, et correspond à peu près à une élévation de 285 mètres 289 millimètres.

Saussure constata que l'eau bout au sommet du Mont-Blanc, à une température de 86° $^1/_9$ centigrades.

Le point de l'ébullition de l'eau diffère aussi, par conséquent, suivant l'état de l'air. Lorsque le baromètre est à 29 pou-

ces, il faut plus de calorique pour faire bouillir l'eau, que lorsqu'il est à 26.

On peut démontrer facilement, au moyen de la machine pneumatique, l'effet que produit, sur la vaporisation des liquides, la diminution de la pression atmosphérique. Si l'on place de l'eau échauffée au-dessous du point de l'ébullition, sous le récipient d'une machine pneumatique, et si l'on fait le vide, l'ébullition commencera aussitôt, et continuera jusqu'à ce que la température de l'eau soit réduite à environ 21 degrés centigrades.

Cette expérience prouve l'utilité de la pression atmosphérique; car, sans elle, l'eau ne pourrait conserver l'état liquide et serait presque constamment à l'état de vapeur.

Le docteur Ure a donné, dans son Dictionnaire de Chimie, le tableau suivant de la température à laquelle certains liquides entrent en ébullition.

	Pesanteur spécifique.		Température. F.	Température. C.
Éther	0.7365	Gay-Lussac.	+100	+ 37 7/9
Carbure de soufre	.....	*Idem.*	+113	+ 45
Alcohol	0.813	Ure.	+173 1/2	+ 78 11/18
Acide nitrique	1.500	Dalton.	+210	+ 98 8/9
Eau	1.000	*Idem.*	+212	+100
Solution saturée de sulfate de soude	.....	Biot.	+213 1/3	+100 20/27
Idem. d'acétate de plomb.	.....	*Idem.*	+215 2/3	+102 3/9
Idem. de sel marin	.....	*Idem.*	+224 1/3	+106 23/27
Muriate de chaux (1 partie de sel et 2 parties d'eau)	.....	Ure.	+230	+110
Id. (35.5 de sel et 64.5 d'eau)	.....	*Idem.*	+235	+112 7/9
Id. (40.5 de sel et 59.5 d'eau)	.....	*Idem.*	+240	+115 5/9
Acide hydrochlorique	1.094	Dalton.	+232	+111 1/9

	Pesanteur spécifique.		Température F.	Température C.
Acide hydrochlorique.....	1.127	Dalton..	+ 222	+ 105 6/9
Idem.	1.047	*Idem*.	+ 222	+ 105 5/9
Acide nitrique.....	1.450	*Idem*.	+ 240	+ 115 7/9
Idem.	1.420	*Idem*.	+ 248	+ 120
Idem.	1.400	*Idem*.	+ 247	+ 119 2/9
Idem.	1.350	*Idem*.	+ 242	+ 116 4/9
Idem.	1.300	*Idem*.	+ 236	+ 113 3/9
Idem.	1.160	*Idem*.	+ 220	+ 104 6/9
Huile de pétrole rectifiée.....	.....	Ure.	+ 306	+ 152 4/9
Huile de térébenthine	.....	*Idem*.	+ 316	+ 157 5/9
Acide Sulfurique.....	1.300	Dalton..	+ 240	+ 115 5/9
Idem.	1.408	*Idem*.	+ 260	+ 126 5/9
Idem.	1.520	*Idem*.	+ 290	+ 143 3/9
Idem.	1.650	*Idem*.	+ 350	+ 176 6/9
Idem.	1.670	*Idem*.	+ 360	+ 187 7/9

Idem.	1.699	*Idem.*	+ 374	+ 190	
Idem.	1.730	*Idem.*	+ 391	+ 199	6/9
Idem.	1.780	*Idem.*	+ 435	+ 223	7/9
Idem.	1.810	*Idem.*	+ 473	+ 245	
Idem.	1.819	*Idem.*	+ 487	+ 252	8/9
Idem.	1.827	*Idem.*	+ 501	+ 260	5/9
Idem.	1.833	*Idem.*	+ 515	+ 268	6/9
Idem.	1.842	*Idem.*	+ 545	+ 285	
Idem.	1.847	*Idem.*	+ 575	+ 301	3/9
Idem.	1.848	*Idem.*	+ 590	+ 310	1/9
Idem.	1.849	*Idem.*	+ 605	+ 318	6/9
Idem.	1.850	*Idem.*	+ 620	+ 326	3/9
Idem.	1.848	Ure.	+ 600	+ 315	5/9
Phosphore	.....	.....	+ 554	+ 290	
Soufre	.....	.....	+ 570	+ 298	7/9
Huile de lin	.....	.....	+ 640	+ 337	8/9
Mercure	.....	.....	+ 656	+ 346	4/9
Idem.	.....	Dulong	+ 662	+ 350	

Les vapeurs qui s'élèvent de ces liquides, à la température de leur ébullition, sont capables de balancer la pression de l'atmosphère, lorsque celle-ci équivaut à 0m,76.

On peut reconnaître, au moyen d'une autre expérience, la propriété que possède l'eau de bouillir dans le vide, à une basse température.

Mettez de l'eau à la hauteur d'un pouce environ, dans un flacon de verre à long col, *a*, *fig.* 17, *pl.* III-IV. Appliquez le flacon sur la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, jusqu'à ce que l'eau y bouille. Laissez continuer l'ébullition pendant quelque tems; alors fermez hermétiquement le flacon avec un bon bouchon, et retirez-le de dessus la flamme; l'eau cessera bientôt de bouillir; mais plongez le flacon dans un vase *b* contenant de l'eau froide, l'ébullition recommencera avec une grande violence, et continuera jusqu'à ce que l'eau du flacon soit presque entièrement refroidie.

Si l'on retire le flacon de l'eau froide, avant que l'ébullition ait cessé, et si on le plonge dans de l'eau chaude, celle du flacon cessera de bouillir; mais si on le replonge dans l'eau froide, l'ébullition recommencera aussitôt.

Dans cette expérience, l'air est exclu par

la vapeur dont le flacon est rempli, avant qu'on y adapte le bouchon. Lorsqu'on enlève le flacon de dessus la flamme de la lampe, l'eau y bout un peu, parce que l'air atmosphérique venant en contact avec les parois du flacon, condense une partie de la vapeur qui s'y trouve, et diminue la pression sur la surface de l'eau, qui peut ainsi bouillir, bien que sa température soit abaissée.

Lorsqu'on plonge le flacon dans l'eau froide, la vapeur qu'il contient perdant son calorique latent, se condense ; et l'eau, affranchie de toute pression, bout avec violence.

Si l'on plonge ensuite le flacon dans de l'eau presque bouillante, celle qu'il contient cessera instantanément de bouillir, parce que la température du liquide extérieur convertit en vapeur une petite portion de l'eau du flacon. Cette vapeur, produisant alors une nouvelle pression, empêche l'eau de bouillir dans son état de refroidissement.

Mais si l'on replonge le flacon dans l'eau froide, cette petite quantité de vapeur est condensée; la pression cesse et l'eau recommence à bouillir.

Lorsque les liquides sont soumis à une

pression plus considérable que celle de l'atmosphère, ils exigent, pour bouillir, un plus haut degré de température.

L'appareil représenté par la *fig.* 18, *pl.* III-IV, est très-convenable pour démontrer ce phénomène.

On met dans le globe de métal creux *a*, qui doit être très-résistant, une certaine quantité de mercure dans lequel plonge l'extrémité inférieure du tube barométrique *b* qu'on a eu soin de bien purger d'air, et qui ne laisse, entre lui et les bords du trou par lequel il pénètre dans le globe, aucun passage à l'eau, à l'air où à la vapeur. On introduit également dans le globe une certaine quantité d'eau par l'ouverture *f* que l'on ferme ensuite hermétiquement au moyen d'un bouchon de métal à vis. Enfin *c* est un thermomètre dont la boule plonge également dans le globe pour en indiquer la température intérieure. Ce thermomètre doit pouvoir indiquer une température de 200 degrés centigrades. L'appareil est supporté par un trépied *d*, et échauffé par une lampe à esprit-de-vin *e*.

Lorsque tout est convenablement disposé, on place la lampe *e* sous le globe, dont la température intérieure ne tarde

pas à s'élever au-dessus du point de l'ébullition. Lorsqu'elle arrive à 103° centigrades, la force élastique de la vapeur fait monter le mercure de 83 millimètres dans le tube *b*.

Lorsque la température a atteint 106° centigrades, le mercure s'est élevé de 274 millimètres dans le tube *b*, s'élevant ainsi d'environ 27 à 28 millimètres par chaque degré centigrade. A 122° centigrades, l'élasticité de la vapeur fait monter le mercure à 774 millimètres dans le tube, ce qui équivaut à un peu plus que la pression ordinaire de l'atmosphère.

La facilité avec laquelle la vapeur distribue ses vastes trésors de chaleur à tous les corps qui sont plus froids qu'elle, la rend merveilleusement applicable à une infinité d'opérations, soit dans l'économie domestique, soit dans les arts.

Le calorique appliqué par ce moyen est bien préférable à celui que fournit directement un combustible quelconque, pour obtenir des extraits de végétaux dans les préparations chimiques ou pharmaceutiques, pour échauffer les cuves des brasseurs et des teinturiers, pour la préparation des couleurs, pour échauffer les bains, sécher les marchandises quelconques, pour

échauffer les appartemens, pour les opérations de la cuisine, etc., etc., etc.

On connaît deux procédés généraux pour appliquer la vapeur à l'échauffement de grandes quantités de liquides.

Le premier consiste à plonger dans le liquide à échauffer, l'extrémité d'un tuyau communiquant avec le bouilleur où se produit la vapeur. Celle-ci se condense, en sortant du tuyau, et son calorique latent, mis en liberté, élève la température du liquide.

Lorsqu'on emploie ce moyen, on ne peut guère élever la température du liquide qu'à deux ou trois degrés au-dessous du point de l'ébullition, quoique le liquide paraisse bouillir. La condensation de la vapeur ajoute aussi une nouvelle quantité de liquide à celle qu'on échauffe, ce qui présente de graves inconvéniens dans certaines opérations des arts, dans la teinture, par exemple, où cette addition de liquide dans une cuve diminue l'intensité des couleurs, ou, si l'on veut, en fait pâlir la nuance.

Le second procédé prévient ces inconvéniens : il consiste à placer deux vases l'un dans l'autre; à bien luter les bords de ces deux vases, pour que la vapeur ne

puisse pas s'échapper, et à faire arriver celle-ci dans l'espace que les deux vases laissent entr'eux.

«Nous indiquerons, comme modification du même procédé, l'emploi de tuyaux ou de serpentins, présentant le plus de surface possible et parcourant l'intérieur du vase dans lequel est placé le liquide à échauffer. Bien entendu que l'extrémité du tuyau par laquelle s'échappe la vapeur condensée est en dehors du liquide.»

En employant ce procédé, on porte un liquide à la température de l'ébullition beaucoup plus tôt qu'en appliquant directetement, sur le feu, le vase qui le renferme.

Nous rapporterons, comme exemple, une expérience de M. Parkes. Il plaça l'un dans l'autre deux vases dont il luta hermétiquement les bords. Le vase intérieur avait la forme d'une ruche renversée, son diamètre supérieur était de 20 pouces anglais, sa profondeur était de 18; enfin il contenait 20 gallons (75 litres 680) d'eau à la température de 52 degrés Fahrenheit ou 11° 1/9 centigrades.

L'appareil ainsi disposé, il admit la vapeur entre les deux vases. En six minutes, la température des 20 gallons d'eau fut

portée à + 190 degrés Fahrenheit, ou + 87 7/9 centigrades; en 8 minutes, à + 200 degrés Fahrenheit, ou + 93 3/9 centigrades; en 10 minutes, à + 203 degrés Fahrenheit, ou + 97 7/9 cent., et en 11 minutes à + 212 Fahrenheit, ou + 100 degrés centigrades.

On estime qu'un litre d'eau convertie en vapeur, peut porter, de 10 degrés centigrades à 100, la température de 6 litres du même liquide, ou si l'appareil n'est pas convenablement disposé pour utiliser tout le calorique latent mis en liberté, de 10 degrés centigrades à 40, la même quantité de liquide, en laissant perdre ainsi plus de la moitié du calorique.

La chaleur que des tuyaux à vapeur peuvent communiquer à l'air, est particulièrement convenable pour échauffer les appartemens. Ils y entretiennent une température délicieuse et réunissent, dans leur emploi, la salubrité à la propreté et à la sécurité.

Il résulte de calculs faits sur l'application de la vapeur au chauffage des manufactures, qu'un pied cube du bouilleur peut échauffer un espace d'environ 2000 pieds cubes, à la température 21 à 27 degrés; et qu'un pied de surface des tuyaux

à vapeur est suffisant pour porter à la même température un espace de 200 pieds cubes. Les tuyaux de fonte, sont considérés comme les plus susceptibles de répandre la chaleur. Ils doivent être placés près du plancher.

La vapeur est l'agent le plus efficace et le plus convenable pour faire cuire les alimens. On fait communiquer, au moyen de tuyaux, un bouilleur fermé avec les vases destinés à la cuisson des alimens. La vapeur s'y précipite ou les entoure, selon qu'on a adopté l'un ou l'autre des procédés désignés plus haut, les porte bientôt à la température de l'eau bouillante, et les y maintient aussi long-tems que l'eau du bouilleur est elle-même en ébullition.

Les alimens ainsi préparés passent pour plus nutritifs et de plus facile digestion que ceux qu'on fait cuire par la méthode ordinaire.

§ IV.

De l'Évaporation.

La théorie du calorique latent trouve une démonstration aussi rigoureuse que brillante dans les effets de l'évaporisation des liquides.

Puisque les liquides, en s'évaporant,

absorbent de grandes quantités de calorique sensible, qui devient latent pour leur faire prendre et leur conserver l'état d'expansion qui les constitue en vapeur, toute évaporation doit nécessairement produire du froid.

C'est ainsi que, dans l'été, les pluies refroidissent et rafraîchissent la terre, parce que l'eau, répandue à sa surface, s'évapore promptement et lui enlève son calorique surabondant.

L'expérience de Cullen, qui fit congeler de l'eau autour d'une fiole contenant de l'éther, sous le récipient de la machine pneumatique, démontre que l'évaporation produit un abaissement considérable de température. On répète aujourd'hui cette expérience de la manière suivante : on place, sous le récipient de la machine pneumatique, un verre de montre contenant de l'eau, et dans lequel est posée une petite soucoupe de métal remplie d'éther sulfurique; le tout est contenu par un petit trépied. On fait rapidement le vide; l'éther se met à bouillir, et son évaporation presque instantanée congèle l'eau à laquelle elle enlève une grande partie de son calorique latent, ne pouvant le prendre ailleurs. Enfin, en très-peu de tems,

la soucoupe métallique se trouve fixée au centre d'un gâteau de glace.

Dans le vide, les liquides s'évaporent à environ 50 degrés centigrades au-dessous du point de leur ébullition sous la pression atmosphérique.

Howard a tiré un grand parti de ce phénomène dans ses procédés pour le raffinage du sucre, et pour la préparation d'extraits pharmaceutiques dans le vide.

Le bouilleur, ou vaisseau évaporatoire, d'un appareil construit par M. Barry, sur les mêmes principes, communique au moyen d'un tuyau muni d'une clé de robinet, avec une sphère creuse de cuivre, dont la capacité est trois ou quatre fois aussi grande que celle du bouilleur. On met dans celui-ci l'infusion ou la liqueur qu'on veut épaissir, et on le ferme hermétiquement; on ferme aussi, au moyen de la clé, la communication entre lui et la sphère de cuivre, dans laquelle on introduit de la vapeur jusqu'à ce que celle-ci en sorte, sans se condenser, par une ouverture que l'on ferme alors en même tems qu'on ouvre un autre passage qui permet à la vapeur de se rendre dans un réfrigérant plongé dans l'eau froide. En conséquence, un vide se forme dans la

sphère, avec laquelle on fait immédiatement communiquer le bouilleur, dont l'air se précipite dans le vide et se met ainsi en équilibre dans le bouilleur et dans la sphère. On répète cette opération jusqu'à ce que le vide soit suffisant dans le bouilleur auquel on applique alors la chaleur au moyen d'un bain-marie.

Les avantages particuliers de ce procédé sont la production du vide sans employer la machine pneumatique.

En combinant la raréfaction de l'air sous le récipient d'une machine pneumatique, et le pouvoir absorbant de l'acide sulfurique, M. Leslie parvint à congeler l'eau. Sa première expérience date du mois de juin 1810.

Un verre de montre rempli d'eau fut posé sur un vase plat rempli d'acide sulfurique; et le tout placé sous le récipient d'une machine pneumatique. Lorsqu'on eut pompé une partie de l'air, la vapeur que l'eau dégageait abondamment fut absorbée par l'acide sulfurique, ce qui produisit un abaissement de température suffisant pour congeler l'eau en très-peu de tems.

La *fig.* 19, *pl.* III-IV, représente l'appareil employé dans cette expérience : *a* est le ré-

cipient de verre, *b* un plateau de cuivre au-dessous duquel est un tuyau muni d'une clé de robinet, et terminé par un support susceptible de s'adapter à une machine pneumatique; *c* est un plat de verre contenant l'acide sulfurique; *d* le verre de montre contenant l'eau qu'on veut congeler, et soutenu par un trépied; enfin *e* est un couvercle avec lequel on peut, à volonté, au moyen de la tringle métallique qui traverse le sommet du récipient, recouvrir l'eau contenue dans le verre de montre.

Par ce procédé, on peut obtenir promptement une petite quantité de glace dans toutes les saisons de l'année.

Lorsque l'eau a été préalablement purgée d'air par l'ébullition, elle se congèle bien plus lentement, mais la glace acquiert un plus grand degré de solidité.

On peut arrêter les progrès de la congélation en recouvrant le verre de montre avec le plateau *e*; en l'enlevant, la congélation recommencera à s'opérer.

On peut remplacer l'acide sulfurique par d'autres absorbans, tels que la farine d'avoine grillée, des morceaux calcinés et poreux d'hydrochlorate de chaux, enfin de la poussière sèche de terre de pipe.

Un vase hémisphérique de terre poreuse, contenant un peu d'eau, fut posé par M. Leslie, sur un gâteau de farine d'avoine grillée, d'un pied de diamètre et d'un pouce d'épaisseur. Le tout fut placé sous le récipient d'une machine pneumatique, et, en peu de tems, la raréfaction de l'air détermina la congélation complète de toute l'eau.

Les habitans de l'Inde savent tirer un grand avantage de l'effet combiné du rayonnement du calorique, et de l'évaporation de l'eau, pour se procurer de la glace, lorsque la température de l'air est au-dessus du point de congélation. Ils pratiquent, dans les plaines immenses qui avoisinent Calcutta, des excavations de trente pieds carrés, et de deux pieds de profondeur. Le fond de ces excavations, est recouvert d'un lit de paille de maïs ou de cannes à sucre, bien sèches, d'un pied d'épaisseur. Ils placent sur ce lit, des rangées de vases de terre, non vernissés, d'un pouce environ de profondeur, dans lesquels ils mettent de l'eau qui a subi l'ébullition pour la purger d'air, et qu'on a laissé refroidir; pendant les nuits de décembre, de janvier et de février, lorsque le tems est très-serein, une partie de cette eau se

congèle. Au lever du soleil, on enlève la glace, et on la met dans un trou profond, tapissé avec de la paille, ou des étoffes grossières, fermé également avec de la paille, et surmonté d'un toit en chaume.

On peut également congeler le mercure par l'influence combinée de l'évaporation, de la raréfaction et de l'absorption.

Qu'on place une petite quantité de ce métal, dans un morceau de glace creusé, et suspendu sous le récipient d'une machine pneumatique, et au-dessus d'une grande surface d'acide sulfurique. Si l'on y produit la plus grande raréfaction possible de l'air, le mercure se congèlera, et conservera l'état solide pendant plusieurs heures.

D'autres procédés pour congeler le mercure, ont également été employés avec succès.

Dans le cours qu'il professe à Glascow, le docteur Ure a exécuté divers procédés pour obtenir de la glace, en quantité considérable.

Une série de plateaux de fonte, parfaitement dressés, pour recevoir un nombre égal de récipiens communiquaient au moyen de tuyaux munis de clés de robinets, avec une machine pneumatique, de sorte qu'on pouvait faire le vide en même tems dans

tous les récipiens, sous chacun desquels étaient placés des vases remplis d'eau et d'acide sulfurique, et où la glace se produisait comme nous l'avons indiqué plus haut.

Un autre procédé beaucoup plus efficace, consiste à remplir un cylindre de fonte de très-grandes dimensions, avec de la vapeur, en y faisant bouillir une très-petite quantité d'eau, ou en y introduisant la vapeur produite dans un bouilleur séparé. Cette vapeur expulse l'air du cylindre, s'y condense par un jet d'eau froide; enfin y produit le vide.

Sur le cylindre, est adapté un plateau qui communique avec lui au moyen d'un tuyau muni d'une clé de robinet pour établir et supprimer, à volonté, la communication; sur le plateau, sont placés deux vases remplis, l'un d'eau, l'autre d'acide sulfurique, et recouverts par un récipient dont les bords s'adaptent parfaitement au plateau, pour ne pas laisser de passage à l'air.

Supposons maintenant que la communication soit supprimée entre le cylindre et le récipient, au moyen de la clé adaptée au tuyau qui les réunit, et qu'on ait fait, dans le cylindre, le plus grand vide possible par la condensation de la vapeur

qui le remplissait ; si l'on rétablit la communication entre le cylindre et le récipient, l'eau que renferme celui-ci se congèlera d'autant plus promptement que les dimensions du cylindre seront supérieures à celles du récipient. Pour éviter, dans ce dernier, l'introduction de l'humidité que renferme le cylindre, on peut supprimer la communication, aussitôt que l'air du récipient s'est mis en équilibre dans le cylindre.

Les effets de l'évaporation, comme moyen de refroidissement, trouvent encore une démonstration admirable dans la transpiration animale. La température naturelle du corps humain, est d'environ 35 degrés centigrades ; mais, lorsque nous prenons un exercice violent, ou que nous nous exposons à une très-grande chaleur, la température de notre corps tend à s'élever au-dessus du point convenable à la santé ; et il pourrait en résulter des effets funestes, s'ils n'étaient prévenus par la transpiration.

Toutes les fois donc que la température de notre corps s'élève au-delà du point ordinaire, un liquide est poussé par cette élévation même de température, à la surface de la peau où il s'évapore, et produit

un refroidissement convenable des organes.

On a publié divers exemples de la propriété que possède le corps humain, de supporter sans danger, de très-hauts degrés de température.

Sir Joseph Banks et sir Charles Blagden, voulant déterminer le plus haut degré de température que le corps humain puisse supporter, se placèrent dans une pièce disposée à cet effet, par le docteur Fordyce. Nous allons donner un extrait du rapport que sir Charles Blagden a publié de cette expérience curieuse, dans les *Transactions philosophiques* de 1775.

La température de la pièce dans laquelle se tenaient les expérimentateurs, fut élevée graduellement jusqu'à ce qu'elle eût atteint, d'après l'indication de plusieurs thermomètres placés dans diverses parties de la pièce, 128 $^{8}/_{9}$ degrés centigrades, ou 28 $^{8}/_{9}$ degrés centigrades au-delà de la température de l'eau bouillante. Beaucoup de personnes douteront sans doute de l'exactitude de cette indication, mais elle fut surabondamment confirmée par d'autres circonstances et d'autres observations.

En effet, les expérimentateurs reconnurent que les chaînes de leurs montres, et d'autres objets métalliques qu'ils portaient

sur eux, devinrent tellement brûlans, qu'il leur était impossible de les toucher. Des œufs placés sur un plat d'étain, se durcirent en 20 minutes; et un beef-steack, fut complétement cuit en 33 minutes.

Malgré l'excessif degré de chaleur auquel ils étaient exposés, la température de leur corps ne parut pas s'élever.

Ils affirment également qu'ils n'éprouvèrent aucune espèce de transpiration sensible; mais il est difficile de croire qu'ils eussent pu rester si long-tems soumis à une température aussi élevée, sans l'influence protectrice de la transpiration; d'autant plus qu'il est bien constaté qu'une transpiration abondante est le résultat habituel de l'exposition du corps humain à une température très-élevée.

Dans l'Inde, les appartemens ne sont souvent séparés des cours, que par des rideaux, au lieu de murs. Ces rideaux sont continuellement arrosés avec de l'eau, dont l'évaporation rapide refroidit les appartemens, et en abaisse la température, de 5 ou même 8 degrés centigrades.

Les alcarazzas, ou vases poreux de terre destinés à refraîchir les vins, sont fabriqués sur les mêmes principes. Lorsqu'on les plonge dans l'eau, leurs parois en ab-

sorbent une petite quantité qui s'évapore graduellement ; et, comme le calorique nécessaire pour faire passer l'eau à l'état de vapeur, ne peut être pris qu'à la bouteille qui se trouve dans le vase, le vin est considérablement refroidi.

Les caravanes qui traversent les déserts brûlans de l'Arabie, chargent des chameaux avec des bouteilles de terre remplies d'eau, auxquelles on conserve une température suffisamment basse, en les enveloppant de linges qu'on entretient constamment humides.

Suivant Athénée, les Égyptiens se servaient d'un procédé semblable. Pendant la nuit, des esclaves étaient occupés à mouiller des cruches remplies d'eau, qui se refroidissaient ainsi, par l'évaporation extérieure ; et, pour maintenir ces cruches à la basse température à laquelle on les avait amenées, on les entourait le matin avec de la paille.

On doit au docteur Wollaston, un instrument destiné à démontrer les effets de l'évaporation dans la production du froid, et auquel il a donné le nom de *cryophore*, ou *porte-glace*.

Il consiste en un tube de verre, *fig.* 20, *pl.* III-IV, de 18 pouces à 2 pieds de long,

dont le diamètre intérieur est d'une ligne environ ; il est recourbé, à angle droit, à ses deux extrémités qui sont terminées par deux boules. L'une d'elles est à moitié remplie d'eau ; on a fait bouillir cette eau de sorte que l'air a été expulsé de la boule, ainsi que du tube, par la vapeur produite. Alors on a fermé, au chalumeau, l'autre boule, et l'appareil s'est trouvé vide d'air, qui a été remplacé par la vapeur d'eau.

Maintenant, supposons qu'on plonge la boule vide dans un mélange frigorifique de sel et de neige ; la vapeur répandue dans les deux boules et le tube se condensera, produira un vide, et supprimera ainsi la pression exercée, par la vapeur, sur le liquide placé dans l'autre boule. Celui-ci, s'évaporera alors avec rapidité ; mais la vapeur étant condensée aussitôt que produite, l'eau se congèlera promptement, bien qu'elle soit éloignée de 2 ou 3 pieds du mélange frigorifique.

Lorsque le corps humain a été exposé à un haut degré de chaleur, et que les vêtemens sont mouillés par la transpiration, il y a du danger à s'exposer subitement à une température beaucoup plus basse, parce que l'évaporation pourrait

produire un refroidissement préjudiciable à la santé.

Si l'on enveloppe la boule d'un thermomètre, avec du coton ou des étoupes imbibées d'éther sulfurique, et si on l'expose à un courant d'air, la température du mercure s'abaissera bien au-dessous du zéro du thermomètre de Fahrenheit,—18 centigrades.

On priverait rapidement de chaleur vitale un petit animal qu'on mouillerait avec de l'éther sulfurique, et qu'on exposerait ensuite à un courant d'air.

L'instrument appelé *compte-pouls*, *fig.* 21, *pl.* III-IV, a exactement la forme du *cryophore* de Wollaston; il n'en diffère qu'en ce que ses deux boules, au lieu d'être renversées, sont dans la direction contraire. Il est rempli en partie d'esprit-de-vin coloré, et en partie d'air, dont une grande quantité a été chassée par les vapeurs de l'esprit-de-vin en ébullition.

Les deux boules sont hermétiquement fermées au chalumeau. Lorsqu'on tient, dans le creux de la main, la boule qui contient l'esprit-de-vin, la chaleur de la main exerce son influence sur la vapeur de l'esprit-de-vin, et sur l'air qui se trouve au-dessus du liquide. Ce mélange de vapeur et d'air se dilate et force l'es-

prit-de-vin à passer dans l'autre boule. Lorsque toute la masse du liquide y est arrivée, il s'y établit immédiatement une assez grande ébullition, phénomène dont nous allons donner l'explication.

Une certaine quantité d'esprit-de-vin, est restée adhérente aux parois intérieures de la boule qu'on tient dans la main, et est convertie en vapeur par le calorique que lui fournit la main. Cette vapeur se trouvant trop à l'étroit dans la boule où elle est formée, passe dans l'autre boule, à travers la masse du liquide, et y produit une ébullition apparente.

Cette expérience donne lieu, en outre, à un autre phénomène qui mérite d'être noté et expliqué. Aussitôt que l'ébullition commence, on éprouve, dans le creux de la main, une vive sensation de froid, produite par l'enlèvement subit du calorique de la main, par l'esprit-de-vin qui se convertit en vapeur; car ce changement d'état ne peut avoir lieu sans que l'esprit-de-vin absorbe une grande quantité de calorique sensible, qui devient calorique latent.

Le thermomètre d'air, représenté *fig* 10, *pl.* I-II, peut encore servir à démontrer la production du froid par l'évaporation.

Si l'on mouille la boule de cet instru-

ment avec un peu d'éther sulfurique, l'évaporation de ce liquide produira une grande absorption de calorique destiné à le faire passer à l'état de vapeur. Une partie de ce calorique est enlevée à l'air que renferme la boule de l'instrument; cet air diminue de volume, et permet au liquide de s'élever très-haut dans le tube; la hauteur à laquelle le liquide parvient, peut, jusqu'à un certain point, mesurer la quantité de calorique absorbée par l'évaporation de l'éther sulfurique.

§ V.

De la Distillation.

L'emploi le plus ordinaire de la distillation, est de séparer, de l'eau avec laquelle il est mélangé, l'alcohol produit par la fermentation; et le plus habile distillateur est celui qui peut séparer la plus grande quantité d'alcohol, avec le moins de dépense, et sans qu'il conserve ou contracte aucune saveur désagréable.

Le principe d'après lequel on opère cette séparation, est la grande volatilité de l'alcohol, ou de l'esprit-de-vin, comme on le nomme communément. Cette propriété

le fait passer à l'état de vapeur plus vite que l'eau à laquelle il est mélangé. Cette vapeur, étant mise en contact avec des surfaces froides, perd de son calorique latent, et se condense en liquide. C'est ce qu'on obtient, lorsqu'en opérant sur une grande échelle, on fait passer la vapeur dans un long tube contourné en spirale, auquel on donne le nom de *serpentin*, et qui est plongé dans une grande quantité d'eau froide, fréquemment renouvelée.

Comme les divers procédés de distillation sont très-nombreux, nous les renverrons à un Traité spécial qui fera partie de notre Collection; et nous nous bornerons ici à en exposer les principes fondamentaux.

L'expérience suivante, nous servira à expliquer l'important mais simple procédé de la distillation de l'alcohol.

Dans un alambic de verre *a*, *fig.* 22 *pl.* III-IV, mettez un mélange de deux parties d'esprit-de-vin, ou d'alcohol, et de sept ou huit parties d'eau, colorée avec de la teinture de tournesol. Mais, avant de mettre ce mélange dans l'alambic, allumez un morceau de papier, et plongez-le enflammé dans le liquide : le papier s'y

éteindra, ce qui donnera la preuve que le mélange n'est pas inflammable.

Lorsque le liquide sera dans l'alambic, appliquez dessous la flamme d'une lampe à esprit-de-vin *b*, et peu après, la partie supérieure de l'appareil distillatoire sera couverte d'une forte couche d'humidité, parce qu'une portion de l'alcohol s'étant convertie en vapeur, se sera élevée dans l'appareil, et, se trouvant en contact avec les parois de l'alambic, s'y sera condensée.

Mais cette partie de l'appareil sera bientôt trop échauffée pour condenser la vapeur; elle s'élèvera alors dans le chapiteau *c* de l'alambic dont les parois la condenseront à leur tour, et d'où elle s'écoulera dans la rigole pratiquée au bas du chapiteau, pour passer ensuite dans le réfrigérant *d*.

Lorsque le chapiteau devient également trop chaud pour condenser la vapeur, celle-ci passe directement dans le réfrigérant *d* où elle est alors condensée.

Peu de tems après que le mélange coloré est entré en ébullition, une petite quantité de liquide, pur et incolore, s'accumule dans le réfrigérant; si on le verse dans une soucoupe, et si l'on en approche

une feuille de papier allumé, ce liquide s'enflammera aussitôt, et brûlera jusqu'à ce qu'il n'en reste plus rien.

Cette expérience est donc la preuve que, d'un mélange coloré, et non inflammable, on peut séparer, par la distillation, un esprit pur, incolore et inflammable.

La *fig.* 23 *pl.* III–IV, représente l'une des formes les plus convenables que l'on puisse donner à un alambic ordinaire. Cet appareil est composé d'une cucurbite *a*, dans laquelle entre le bain-marie et au-dessus la rigole du chapiteau *b*; *d* est le serpentin plongé dans un cylindre de cuivre rempli d'eau froide, pour condenser la vapeur qui traverse le serpentin, et qui s'écoule sous forme liquide, à l'extrémité de ce tuyau.

Watt, dans le cours de ses expériences sur la vapeur de l'eau, fut amené à penser qu'une température de 21° T.C., serait suffisante pour distiller de l'eau dans un vase privé d'air, et au moyen d'un réfrigérant plongé dans la neige. L'expérience lui prouva qu'il ne s'était pas trompé.

Il se servit, à cet effet, d'un petit alambic, communiquant avec un réfrigérant auquel on avait pratiqué une ouverture. Aussitôt que l'eau de l'alambic commença

à bouillir, la vapeur remplit le réfrigérant, et en expulsa l'air par l'ouverture qui fut alors hermétiquement bouchée.

L'appareil fut ensuite plongé dans de la neige pour s'y refroidir, et la condensation de la vapeur y produisit le vide. Il appliqua alors la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, sous l'alambic dont le réfrigérant était plongé dans de l'eau très-froide ou dans de la neige. La vapeur de l'eau se forma à une très-basse température, et la distillation s'opéra convenablement.

On entendait distinctement le bruit de l'eau bouillante dans l'alambic, bien qu'avec la main on pût à peine reconnaître que celui-ci était échauffé.

Néanmoins, cette expérience, et d'autres faites avec le plus grand soin, prouvèrent à Watt que, bien que la distillation pût avoir lieu dans le vide avec très-peu de chaleur, il n'y avait aucune économie de combustible, parce que le calorique latent de la vapeur augmentait dans le même rapport que la diminution du calorique sensible.

On a cependant pratiqué, avec beaucoup de succès, la distillation dans le

vide, lorsqu'on a eu pour objet la qualité des produits plutôt que leur quantité.

Ce procédé a été adopté par M. H. Tritton, qui emploie un alambic ordinaire plongé dans un bain-marie, au lieu d'être directement appliqué sur le feu. Le tuyau qui part du chapiteau de l'alambic, passe en faisant divers contours en spirale, comme tous les serpentins, dans une grande masse d'eau froide, et s'adapte alors à un vaste récipient, dans lequel on produit le vide au moyen d'une pompe aspirante. Lorsque l'eau du bain-marie qui environne l'alambic est échauffée, la distillation s'opère à une très-basse température.

Le procédé de distillation, au moyen duquel un corps gazeux est enlevé à un état quelconque de combinaison pour le faire entrer dans un autre, est d'une espèce différente, et exige d'autres opérations ou d'autres appareils. C'est ce que démontrera une courte description du procédé au moyen duquel on obtient l'acide hydroclorique liquide, en petite quantité, et sur lequel nous donnerons des détails plus étendus dans nos Traités sur la Chimie.

Mélangez cinq parties d'acide sulfurique concentré avec six parties de sel marin

calciné, dans une cornue de verre tubulée. L'acide hydrochlorique gazeux est mis en liberté, et est forcé de traverser plusieurs masses d'eau contenues dans une série de flacons, connue sous le nom d'appareil de Woulf, et disposée de manière que le gaz est soumis à un certain degré de pression, dans le but de faciliter sa combinaison avec l'eau. Cet appareil est muni de tubes de sûreté qui ont pour but de prévenir le danger qui pourrait résulter de la pression produite par la force élastique du gaz ou par sa condensation subite. Si l'on continue l'opération jusqu'à ce que l'eau soit complétement saturée de gaz, cette eau sera alors de l'acide hydrochlorique liquide.

Des opinions divergentes ont été émises sur les causes de la liquéfaction, de la vaporisation et des autres phénomènes que nous avons décrits.

Le docteur Black pensait que ces changemens sont occasionés par l'absorption du calorique qui reste combiné avec les corps, lorsque ceux-ci ont passé de l'état solide à l'état liquide, jusqu'à ce qu'ils reprennent l'état solide; ou avec ceux qui ont passé de l'état liquide à l'état de fluide aériforme, jusqu'à ce qu'ils reprennent l'état

liquide. Bien que le docteur Black ne se soit pas formellement expliqué sur ce point, on a lieu de croire qu'il considérait le calorique latent comme *combiné chimiquement* avec les corps qui l'ont absorbé.

Le docteur Irwine soutenait que, lorsque le calorique est absorbé par les corps qui changent d'état, il n'entre point en combinaison avec eux, mais s'y trouve dans le même état que le calorique sensible, son augmentation étant rendue nécessaire par celle de la capacité que le corps acquiert pour le calorique en changeant d'état.

D'ingénieux argumens ont été avancés pour ou contre ces deux opinions ; et peut-être les plus grandes probabilités sont-elles en faveur de la dernière.

—

CHAPITRE X.

DES MOYENS ARTIFICIELS D'ABAISSER LA TEMPÉRATURE.

On peut produire un froid intense au moyen de la rapide absorption du calorique par les corps lorsqu'ils passent de l'état solide à l'état liquide ou de l'état liquide à celui de fluide aériforme. Les effets des mélanges frigorifiques reposent sur ce principe. On emploie dans ce but des substances salines, solides; mais quelques-unes ont plus d'efficacité que d'autres.

On peut obtenir une réduction de température d'environ 9° T.C. en saturant, de nitre, l'eau à une température modérée.

L'hydrochlorate d'ammoniac abaisse la température d'environ 14 à 15 degrés centigrades.

Le nitrate d'ammoniac, dissous dans son poids d'eau, produit une réduction de + 10 à — 15 degrés centigrades.

Enfin un mélange de trois parties d'hy-

drochlorate de chaux et de deux parties d'eau fait descendre le thermomètre de +2° à — 18 degrés centigrades.

M. Walker a découvert qu'on pouvait produire un froid très-intense par la solution simultanée de plusieurs sels. Cinq parties d'hydrochlorate d'ammoniac, cinq parties de nitre, et seize partie d'eau abaissent la température de + 10 à — 11 degrés centigrades.

En faisant évaporer ce mélange, les sels reprennent leur état naturel, et peuvent servir à la même opération un grand nombre de fois.

Lorsqu'on emploie, au lieu d'eau, des acides étendus dans ce liquide, la solution s'opère plus rapidement et le froid produit en est d'autant plus grand.

Un mélange de neuf parties de phosphate de soude, de six parties de nitrate d'ammoniac et de quatre parties d'acide nitrique étendu d'eau fait descendre le thermomètre de + 10 à — 30° centigrades.

L'action des acides sur la neige produit un froid très-considérable. Lowitz affirme que lorsqu'ils sont employés concentrés, l'acide hydrochlorique est le plus puissant; vient ensuite l'acide nitrique, puis l'acide sulfurique. Mais ce dernier, étendu d'eau,

a plus d'énergie que les autres ; par son action on a abaissé la température à — 50° T.C. M. Walker, en abaissant successivement et isolément la température des ingrédiens du mélange frigorifique, est parvenu, avec huit parties de neige et dix parties d'acide sulfurique étendu, à réduire la température à — 68° T.C.

Le procédé le plus généralement employé est fondé sur l'action mutuelle de la neige ou de la glace, et des sels solides l'un sur l'autre. Des expériences de ce genre furent faites par Fahrenheit qui voulait prendre, pour point de départ de son thermomètre, le plus grand froid possible. Nous avons vu, au commencement de ce Traité, et les expériences dont nous nous occupons maintenant, prouvent combien il est resté en deçà de son but. D'autres savans sont parvenus à des résultats bien plus grands depuis cette époque.

En mêlant de la potasse solide et sèche avec de la neige, Lowitz obtint un abaissement de température de 0° à — 47° T.C. environ. Au moyen de mélanges de ce genre, Fourcroy et M. Vauquelin abaissèrent la température à — 54° centigrades. En employant un mélange de trois parties d'hydrochlorate de chaux sec et de deux

parties de neige, ils parvinrent à solidifier environ 32 livres, 16 kil. $^1/_2$ de mercure.

Dans le cours de leurs expériences, ils constatèrent qu'une solution d'ammoniac cristallisait à—42° T.C., et qu'à—49° centigrades, elle se convertissait en une masse demi-transparente, et avait perdu presque entièrement son odeur pénétrante.

A cette dernière température l'acide nitrique cristallisa : à celle de —48° T. C., l'éther sulfurique devint épais, laiteux, et enfin forma une masse blanche composée de petits cristaux.

Ces deux savans échouèrent dans toutes leurs tentatives pour solidifier l'alcohol.

Le gaz ammoniac, aussi sec que possible, fut soumis, dans un ballon de verre, par Guyton-Morveau, à l'action d'un mélange d'hydrochlorate de chaux et de neige. Il passa à l'état liquide à la température de—49° centigrades.

Lorsqu'on emploie des substances salines dans des mélanges frigorifiques, il est nécessaire qu'elles soient nouvellement cristallisées, réduites en poudre fine, et qu'elles ne soient ni humides, ni effleuries.

Dans tous les cas, les ingrédiens destinés à produire un abaissement de température, doivent être parfaitement mélangés, et le

plus promptement possible dans un vase qui n'ait que la capacité nécessaire pour les contenir, ainsi que les matières en expérience qui doivent être placées dans un vase de verre mince.

Lorsqu'on fait usage de la neige, elle doit être légère et sèche, et, s'il est possible, nouvellement tombée.

Avant les expériences il est souvent nécessaire d'abaisser la température des ingrédiens qui doivent entrer dans le mélange frigorifique, ce qu'on obtient en les exposant séparément et dans des vases de verre ou d'étain minces, à l'influence d'autres mélanges frigorifiques. Il faut avoir soin alors de ne pas les refroidir au-dessous du point où ils peuvent agir l'un sur l'autre. La nécessité de cette précaution sera mieux comprise lorsque nous aurons fait remarquer que la neige et le sel commun n'ont plus d'action l'un sur l'autre lorsque leur température est abaissée à $-25^{\circ}\,{}^{3}/_{9}$ centigrades.

MM. Allen et Pepys parvinrent à solidifier environ 50 livres de mercure, au moyen d'un mélange de 10 livres d'hydrochlorate de chaux et d'un pareil poids de neige. La totalité de la neige et de l'hydrochlorate de chaux ne fut pas mélangée en

même tems, et une partie fut employée à refroidir l'autre.

On peut répéter cette expérience sur une petite échelle en mettant quelques onces de mercure dans une petite cornue de verre mince, et en la plaçant dans un mélange d'une livre d'hydrochlorate de chaux cristallisé et d'une livre de neige. Lorsque ce mélange cesse d'abaisser la température, on le renouvelle entièrement; ce qui manque rarement de déterminer la solidification du métal.

Lorsqu'on veut faire des expériences régulières et suivies, on peut employer l'appareil dont la *fig.* 24, *pl.* III-IV, représente une section; il a été imaginé par le docteur Henri.

Le vase extérieur *aa* est en bois et a environ un pied carré sur 7 pouces de profondeur. Il a un couvercle également en bois, avec une rainure pour que la jonction soit plus exacte, et une poignée. Dans ce vase est placé un autre vase d'étain *bb*, supporté par des pieds d'un pouce et demi de hauteur. Ce vase s'élargit dans la partie supérieure qui est, de chaque côté, d'un demi-pouce plus large que la partie inférieure, et qui s'élève encore d'un pouce. Dans cette partie évasée se trouve un autre

vase d'étain *c* qui en occupe presque toute la capacité en largeur, et qui la déborde un peu dans la hauteur. Enfin, dans l'intérieur du vase *b* est un troisième vase *d* en fer non étamé, et supporté par des pieds de deux pouces de haut. Ce dernier vase a quatre pouces de côté et est destiné à contenir le mercure ou les autres substances dont on veut abaisser la température.

Lorsqu'on veut faire une expérience sur le mercure, on met dans le vase *a a* un mélange d'hydrochlorate de chaux et de neige, en assez grande quantité pour environner complétement le vase *b b*, dans lequel on met le vase *d*, contenant le mercure, préalablement refroidi dans un mélange frigorifique quelconque. Le vase *b b* est alors également rempli de manière à bien environner le vase *c* d'un autre mélange de neige et d'hydrochlorate de chaux préalablement refroidi à la température de 0 Fahrenheit, —17 7/9 degrés centigrades, dans un mélange de neige ou de sel commun. Le vase *c* est également rempli par le mélange contenu dans le vase *b b*, et l'on place le couvercle de bois. On laisse l'appareil en repos jusqu'à ce que le mercure soit congelé.

On peut, après l'expérience, faire évaporer le mélange et faire ensuite cristalliser l'hydrochlorate de chaux pour d'autres opérations semblables.

Les tableaux suivans, indiquant les divers mélanges frigorifiques qu'on peut employer, sont extraits de l'ouvrage de M. Walker qui a fait un grand nombre d'expériences sur la production artificielle du froid.

PREMIER TABLEAU.

Mélanges frigorifiques pouvant produire, sans l'aide de la glace ou de la neige, un froid suffisant pour les opérations ordinaires des arts ou des sciences dans toutes les parties du monde et en toutes saisons.

MÉLANGES.	Parties.	LA TEMPÉRATURE S'ABAISSE F.	LA TEMPÉRATURE S'ABAISSE C.	DEGRÉS de froid produits. F.	DEGRÉS de froid produits. C.
Hydrochlorate d'ammoniac.	5	de +50 à +10,	ou de +10 à —12 $^{2}/_{9}$	40	22 $^{2}/_{9}$
Nitrate de potasse.....	5				
Eau.....	16				
Hydrochlorate d'ammoniac.	5	de +50 à + 4,	ou de +10 à —15 $^{5}/_{9}$	46	25 $^{5}/_{9}$
Nitrate de potasse.....	5				
Sulfate de soude.....	8				
Eau.....	16				
Nitrate d'ammoniac.....	1	de +50 à + 4,	ou de +10 à —15 $^{5}/_{9}$	46	25 $^{5}/_{9}$
Eau.....	1				

Nitrate d'ammoniac	1	de +50 à — 7, ou de +10 à —21 6/9	57	31 6/9
Carbonate de soude	1			
Eau	1			
Sulfate de soude	3	de +50 à — 3, ou de +10 à —19 4/9	53	29 4/9
Acide nitrique étendu d'eau	2			
Sulfate de soude	6	de +50 à —10, ou de +10 à —23 3/9	60	33 3/9
Hydrochlorate d'ammoniac	4			
Nitrate de potasse	2			
Acide nitrique étendu	4			
Sulfate de soude	6	de +50 à —14, ou de +10 à —25 5/9	64	35 5/9
Nitrate d'ammoniac	5			
Acide nitrique étendu	4			
Phosphate de soude	9	de +50 à —12, ou de +10 à —24 4/9	62	34 4/9
Acide nitrique étendu	4			

MELANGES.	Parties.	LE TEMPÉRATURE S'ABAISSE F.	C.	DEGRÉS. de froid produits. F.	C.
Phosphate de soude.....	9	de + 50 à — 21,	ou de + 10 à — 29 4/9	71	39 4/9
Nitrate d'ammoniac.....	4				
Acide nitrique étendu.....	6				
Sulfate de soude.....	8	de + 50 à 0,	ou de + 10 à — 17 7/9	50	27 7/9
Acide hydrochlorique.....	5				
Sulfate de soude.....	5	de + 50 à + 3,	ou de + 10 à — 16 1/9	47	26 1/9
Acide sulfurique étendu...	4				

N. B. Lorsque ces mélanges frigorifiques sont faits à une température plus élevée que celle indiquée dans le tableau, l'effet produit est proportionnellement plus grand; ainsi, par exemple, si l'on faisait le plus énergique de ces mélanges, lorsque l'air est à la température de + 85 degrés Farenheit, ou 29 degrés 4/9 centigrades, le thermomètre qui serait plongé dans ce mélange descendrait à + 2 degrés Fahrenheit ou à — 16 degrés centigrades.

DEUXIÈME TABLEAU.

Température à laquelle divers liquides se congèlent ou passent à l'état solide.

	Pesanteur spécifique.		F.	C.
Éther sulfurique.....	.....	.....	— 46	— 43 3/9
Ammoniac liquide.....	.....	.....	— 46	— 43 3/9
Acide nitrique.....	1.424	.....	— 45.5	— 43 1/18
Acide sulfurique.....	1.6415	.....	— 45	— 42 7/9
Mercure.....	.....	.....	— 39	— 39 4/9
Acide nitrique.....	1.407	.....	— 30.1	— 34 5/10
Acide sulfurique.....	1.8064	.....	— 26	— 32 2/9
Acide nitrique.....	1.3880	.....	— 18.1	— 27 3/6
Idem.	1.2588	.....	— 17.7	— 27 11/18
Idem.	1.3290	.....	— 2.4	— 19 1/9
Eau-de-vie.....	.....	.....	— 7	— 21 6/9
Acide sulfurique.....	1.8376	.....	+ 1	— 17 2/9

	PROPORTIONS DES MÉLANGES.	F.	C.
Acide hydrochlorique pur		de +4 à + 5	de —15 5/9 à —15
Sel commun	25 + eau 75	+ 4	—15 5/9
Idem.	22.2 + eau 77.8	+ 7.2	—13 7/9
Sel ammoniac	20 + eau 80	+ 8	—13 3/9
Sel commun	20 + eau 80	+ 9.5	—12 5/10
Idem.	16.1 + eau 83.9	+13.3	—10 7/18
Huile de térébenthine		+14	—10
Vins forts		+20	— 6 6/9
Soude tartarisée	50 + eau 50	+21	— 6 1/9
Sel commun	10 + eau 90	+21.5	— 5 5/6
Huile de bergamotte		+23	— 5
Sang		+25	— 3 8/9
Sel commun	6.25 + eau 93.75	+25.5	— 3 11/18
Sel d'Epsom	41.6 + eau 58.4	+25.5	— 3 11/18
Nitre	12.5 + eau 87.5	+26	— 3 3/9

Sel commun	4.16	+ eau 95.84	+ 27.5	— 2 5/10
Couperose	41.6	+ eau 58.4	+ 28	— 2 2/9
Vinaigre			+ 28	— 2 2/9
Sulfate de zinc	53.3	+ eau 46.7	+ 28 6	— 1 8/9
Lait			+ 30	— 1 1/9
Eau			+ 32	0

CHAPITRE XI.

DES SOURCES DU CALORIQUE.

Les rayons du soleil constituent la source la plus importante du calorique naturel. On a émis diverses opinions sur la cause de cette espèce de chaleur. Newton guidé par l'analogie évidente qui existe entre le soleil et les corps terrestres rendus lumineux par la chaleur, considéra le soleil comme un corps dans un état de conflagration générale, qui, projetant des molécules de calorique, de tous les points de sa surface, échauffe les autres corps qui se trouvent en contact avec elles.

Une autre hypothèse fut soutenue par Descartes et Huygens, et adoptée par beaucoup d'autres savans.

Dans cette hypothèse, on suppose que les corps lumineux ont la propriété de propager des mouvemens vibratoires à travers un fluide extrêmement rare et parfaitement élastique, répandu dans tout l'espace; la chaleur serait le résultat de ces vibrations.

Plusieurs circonstances modifient la tem-

pérature produite à la surface de la terre par les rayons du soleil. Les principales sont l'élévation, la distance à la mer, mais surtout la latitude. Les points extrêmes de la température du globe sont compris dans l'étendue d'environ 88 degrés centigrades. Entre les tropiques, à Pékin par exemple, on a vu le thermomètre atteindre à l'ombre + 43°; à Pondichéri, il s'est élevé jurqu'à + 46°, tandis qu'à la baie d'Hudson on l'a vu descendre à — 45° ou 5° au-dessous du point où se congèle le mercure.

Les extrêmes températures que l'art peut produire sont beaucoup plus éloignées l'une de l'autre, puisque l'on a pu faire descendre le thermomètre à — 68°; tandis que la plus haute température qu'on ait mesurée est celle produite par le petit fourneau à air de Wedgewood, et qui est de 12171 degrés centigrades.

On peut produire une température beaucoup plus élevée au moyen d'une pile voltaïque très-puissante, ou par l'inflammation d'un mélange condensé de gaz hydrogène et de gaz oxigène s'échappant par une très-petite ouverture.

On peut produire de la chaleur au moyen de l'électricité, du galvanisme, de la condensation, du frottement, de la percussion et des réactions chimiques. Mais les consi-